



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para abastecer energía eléctrica al  
caserío La Shoclla – Cajamarca 2019”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Br. Jorge Oswaldo Alvaro Cachi (ORCID: 0000-0002-3384-9241)

**ASESORES:**

Mg. Pedro Demetrio Reyes Tassara (ORCID: 0000 -0002-0395-7065)

Mg. Aníbal Jesús Salazar Mendoza (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, transmisión y distribución

**CHICLAYO – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

Ofrendo el resultado de este trabajo de investigación a Dios nuestro creador; a mis hijos, familiares y sobre todo a mis Padres, quienes permanentemente han estado conmigo, por su gran calidad humana y apoyo, para lograr esta investigación.

**Jorge Oswaldo Alvaro Cachi**

## **Agradecimiento**

Agradecer a mi familia, quienes son lo más importante en mi vida y que gracias a su don de sacrificio me permitieron culminar con éxito mi carrera profesional.

A mis docentes de la UCV que con sus conocimientos pudieron encausarme en este logro de mi vida profesional y culmine con éxitos esta profesión.

**Jorge Oswaldo Alvaro Cachi**

## **Página del Jurado**

## **Declaratoria de Autenticidad**

### **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, **ALVARO CACHI JORGE OSWALDO**, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° **42796476**, con el trabajo de investigación titulada,

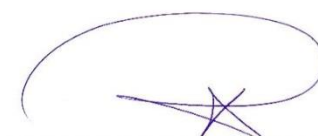
**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA ABASTECER ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LA SHOCLLA – CAJAMARCA 2019”**

**Declaro bajo juramento que:**

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 18 de Junio del 2020



---

**JORGE OSWALDO ALVARO CACHI**  
**DNI N° 42796476**

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	v
Índice .....	vi
Índice de Tablas.....	ix
Índice de Figuras .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Realidad problemática .....	1
1.2 Trabajos previos.....	4
1.2.1 Tesis.....	4
1.2.2 Artículos científicos.....	6
1.3 Teorías relacionadas con el tema .....	7
1.3.1 Demanda.....	7
1.3.2 Energía Fotovoltaica .....	10
1.3.3 Instalaciones aisladas de la red eléctrica .....	10
1.3.4 Horas de sol pico (HSP) .....	11
1.3.5 Panel Fotovoltaico .....	11
1.3.6 La Batería .....	12
1.3.7 Regulador de Carga.....	13
1.3.8 Inversor.....	13
1.3.9 Soportes. ....	13
1.3.10 Cables .....	15
1.3.11 Diseño de una central aislada .....	15
1.4 Formulación Del Problema.....	18

1.5	Justificación Del Estudio .....	18
1.6	Hipótesis .....	19
1.7	Objetivos.....	20
<b>II.</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>21</b>
2.1	Diseño de investigación .....	21
2.2	Variables, Operacionalización .....	21
2.3	Población y muestra.....	22
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	22
2.4.1	Técnica e instrumentos de recolección de datos. ....	22
2.4.2	Validez y confiabilidad.....	22
2.5	Métodos de análisis de datos .....	22
2.6	Aspectos éticos .....	23
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
3.1	Calcular la máxima demanda del caserío la Shoclla.....	24
3.2	Dimensionar los componentes de la central fotovoltaica, de acuerdo a la radiación disponible en el caserío la Shoclla. ....	31
3.2.1	Calculo de horas pico solares .....	31
3.2.2	Calculo del campo solar .....	32
3.2.3	Calculo de banco de baterías .....	37
3.2.4	Selección del controlador - inversor.....	40
3.2.5	Calculo de cables .....	40
3.3	Realizar la evaluación económica del sistema de generación eléctrica fotovoltaico a través del TIR y VAN. ....	43
3.3.1	Costos de instalación y mantenimiento .....	43
3.3.2	Ingreso por venta de energía. ....	44
3.3.3	Evaluación económica.....	45
3.3.4	Propuesta de evaluación económica positiva .....	46
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>53</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>58</b>

Acta de aprobación de originalidad de tesis .....	66
<b>Reporte de Turnitin.....</b>	<b>67</b>
<b>Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV .....</b>	<b>68</b>
<b>Autorización de la versión final del trabajo de investigación.....</b>	<b>69</b>



## Índice de Tablas

Tabla 1. Cargas para alumbrado público en áreas rurales .....	8
Tabla 2. Cuadro de Operacionalización de Variables .....	21
Tabla 3. Instrumentos de Recolección de Datos .....	22
Tabla 4. Lotes que componen el caserío la Shoclla.....	24
Tabla 5. Tasas de crecimiento poblacional.....	25
Tabla 6. Lotes para el año 20.....	26
Tabla 7. Potencia proyectada para 20 años para el caserío la Shoclla.....	27
Tabla 8. Cantidad de luminarias para el año 20 en el caserío la Shoclla .....	28
Tabla 9. Aumento progresivo de la demanda para el año 20 del Caserío la Shoclla .....	29
Tabla 10. Consumo mensual de energía proyectado para el año 20 del caserío la Shoclla ..	30
Tabla 11. Radiación promedio en el caserío Shoclla.....	31
Tabla 12. Horas pico solares para el caserío Shoclla .....	32
Tabla 13. Factores de pérdidas para cálculo de factor global de pérdidas .....	33
Tabla 14. Energía requerida por el caserío para el año 20.....	33
Tabla 15. Calculo de la energía real para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico....	33
Tabla 16. Calculo de la potencia del campo solar .....	35
Tabla 17. Tabulación entre posibles configuraciones de Nps y Rpp .....	35
Tabla 18. Configuración de paneles que muestran el error mínimo.....	36
Tabla 19. Cantidad de paneles requeridos .....	37
Tabla 20. Capacidad del banco de baterías.....	37
Tabla 21. Capacidad requerida por el campo de baterías .....	38
Tabla 22. Capacidad del banco en amperio hora .....	38
Tabla 23. Cantidad de baterías en serie .....	39
Tabla 24. Cantidad de ramas en paralelo de acumuladores en serie .....	39
Tabla 25. Potencia de salida del inversor .....	40
Tabla 26. Caídas de tensión permisibles en un sistema fotovoltaico .....	40
Tabla 27. Distancia de separación entre soportes.....	41
Tabla 28. Calculo de caída de tensión para todas las hileras de acuerdo a su ubicación con respecto a los tableros de control. ....	42
Tabla 29. Costo de materiales de central para el caserío.....	43
Tabla 30. Costo de instalación de la central .....	43
Tabla 31. Pliego tarifario BT5B .....	44
Tabla 32. Ingreso por venta de energía durante el funcionamiento de la central .....	44
Tabla 33. Balance de caja para central fotovoltaica .....	45
Tabla 34. Evaluadores de la central .....	46
Tabla 35. Flujo de caja con el 96% de inversión y sin costo de operación y mant. ....	46
Tabla 36. Evaluadores economicos .....	47

## Índice de Figuras

Figura 1. Concepto de Horas Pico Solar .....	11
Figura 2. Célula fotovoltaica y panel fotovoltaico .....	12
Figura 3. Soporte para panel solar Fijo .....	14
Figura 4. Distancias del panel para evitar pérdidas por sombras .....	17
Figura 5. Configuraron del arreglo de paneles .....	34
Figura 6. Medidas del panel .....	41
Figura 7. Distancia de separación entre soportes .....	42

## RESUMEN

La presente investigación se realiza sobre la problemática de la falta de energía eléctrica en el caserío La Shoclla donde ya se intentó por medio de trámites y pedidos que este Caserío logre conectarse a la red de electricidad y no se consiguió hasta el día de hoy por lo que con esta investigación se logra desarrollar el diseño de un sistema fotovoltaico que suministre energía eléctrica a dicho Caserío de manera autónoma, la inversión de dicho sistema viene a ser siendo necesario que un ente de gobierno local, regional o nacional se involucre para poder ejecutar un sistema de este tipo para el poblado solo así mediante un aporte el 87% de la inversión en las tres etapas que se requiere se lograra que un proyecto de este tipo sea rentable

.

**Palabras claves:** Paneles Fotovoltaicos, Baterías Fotovoltaicas, Generación de energía.

## **ABSTRACT**

The present investigation is carried out on the problem of the lack of electricity in the Shoclla Town center where it is already intensified through procedures and requests that this Town Center manages to connect to the electricity network and was not achieved until today by what with this research is able to develop the design of a photovoltaic system that supplies electricity to said Populated Center autonomously, the investment of said system becomes necessary for a local, regional or national government entity to be involved in order to executing a system of this type for the town only thus by means of a contribution 87% of the investment in the three stages that is required will achieve that a project of this type is profitable.

**Keywords:** Photovoltaic Panels, Photovoltaic Batteries, Power Generation.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Realidad problemática**

#### **Internacional**

La población a nivel mundial aumenta cada día y entre sus necesidades más urgentes es el tener energía para disponer en su desarrollo como sociedad por lo que la demanda energética día a día crece en todo el mundo, esta demanda es abastecida por un tipo muy diverso de centrales como nucleares, solares, eólicas, térmicas, hidráulicas y otras dependiendo del tipo de energía primaria que usen (Quicio Chuñe, 2016 pág. 14).

Durante la historia de la humanidad el hombre ha logrado desarrollar y adaptarse a los diversos tipos de fuentes de energía que existen en la naturaleza para así buscar el beneficio propio. En su evaluación todos los países han realizado la misma acción que identifica al hombre como un consumidor de la misma, actualmente las desigualdades en sus economías de los diferentes países del mundo han hecho que estos no puedan aprovechar sus fuentes energéticas de igual manera, es decir que los países de baja economía se ven limitados a aprovechar sus fuentes naturales por la tecnología que se requiere para esto al no tener el sustento económico que les deje acceder a ellas (Orbe Navarrete, 2016 pág. 7).

En el 2015 en el mundo hasta el 81% de la energía que se consumía provenía de fuentes de residuos fósiles siendo la restante generada por fuentes de energía renovables. El desarrollo de las fuentes no convencionales de energía renovable denominadas FNCER por sus siglas en español, se han vuelto una necesidad global ya que a diferencia de los recursos fósiles que dependen de coyunturas geopolíticas, económicas y de pequeñas distribuciones en la geografía, las Fuentes de Energía No Convencionales sea cual sea la fuente se encuentran a disposición en todo el globo terráqueo, en mucha o poca proporción, lo que se traduce como una gran alternativa para la generación de energía y así ahondar en el desarrollo socioeconómico de los países (Calle Forero, y otros, 2017 pág. 23)

Cabe mencionar que se ha comprobado que actualmente con el desarrollo de la tecnología en esta área, la calidad de energía que se genera por medio de las energías

no convencionales cumplen con las condiciones para su distribución e interconexión, esto mejora con la alternativa de la combinación de la generación tradicional y la no convencional dando mayor confiabilidad a los sistemas de distribución, esto ha derrumbado en la actualidad los tabúes técnicos que se tenía cuando las energía no convencional ingresaron a participar en el sector eléctrico. (Calle Forero, y otros, 2017 pág. 23).

Un caso de éxito registrado en Latinoamérica es el caso de Uruguay donde se generaban al 2017 provenientes de parques eólicos 1.5 GW de energía eléctrica, esto representa el 45% de su matriz de eléctrica en cuanto a generación. Al ser un país carente de combustibles fósiles la matriz energética se constituida en su mayoría de centrales hidroeléctricas y del recurso que se sustentaba de países vecinos lo que lo hacía dependiente de ellos y de las condiciones climatológicas para su generación de energía. Todo parte de que en el 2007 para reducir esta dependencia el gobierno implanta una estrategia energética donde diversifica su matriz apostando por la energía eólica lo cual mitigo de manera muy contundente la dependencia de los países vecinos y en cierta forma del clima (Calle Forero, y otros, 2017 pág. 23).

Una de las energía primarias que de mayor grado se toma para satisfacer la demanda de la población mundial es el petróleo lo cual aunque resulta una eficaz solución debido a la rápida y barata instalación de tecnologías genera de gran manera problemas ambientales en cuanto a contaminación e aumento de calentamiento global, esto ha dado actualmente pie a una fuerza impulsora sobre las investigaciones de generación alternativas en lo posible no contaminantes (Huaman Arqueros, 2014 pág. 14)

## **Nacional**

En el Perú el sector o actividad de generación de energía eléctrica se desarrolla en paralelo con la economía peruana, por lo que se considera que en los próximos años será muy difícil cubrir la demanda creciente no planificada y se truncara el desarrollo de más proyectos en este sector sobre todo en la zonas sur y norte del país ya que al 2013 la mayoría de centrales de generación con un 60% de la capacidad nacional están instaladas en la zona centro del Perú. En la actualidad la matriz energética es básicamente de energía hidráulica y térmica lo que conlleva a que se deba buscar la

diversificación de la misma y descentralizarla así plantear la disminución de la demanda no atendida, incrementando el rendimiento financiero de las empresas más importantes en el sector y disminuir las fallas fortuitas que se generan. También es importante mantener los estándares de responsabilidad social como también el respeto del medio ambiente en todos las áreas de actividad del hombre (Balarezo Valdez, y otros, 2014 pág. 3.).

Lo que identifica que siempre habrá carencia de energía eléctrica por parte del sector peruano, además de la existente actualmente por logares o zonas alejas de las redes, el crecimiento de estas se ve afectado por la carencia de energía eléctrica.

El territorio peruano cuenta con una variedad muy basta de potencial energético debido a la amplia diversidad en cuanto a topográfica y clima donde se puede aprovechar la generación de energías renovables como la hidráulica, eólica o solar. con el pasar del tiempo el petróleo ha ido aumentando su precio y se ha vuelto un recurso muy caro además de limitado y no renovables, la disposición de este recurso también causa impactos muy nocivos contra el medio ambiente ya que contribuye al calentamiento global debido a los gases de efecto invernadero que arroja como producto de su combustión, el Ministerio de Energía y Minas en el Perú enfocado en la reducción de los impactos negativos se dado la tarea de diversificar la matriz energética en el país siendo la energía renovable una de las principales tendencias así como la normativa del aprovechamiento de la energía en el territorio peruano. (Quicio Chuñe, 2016 pág. 15)

Lo que significa que tenemos la materia primaria para poder otorgar garantías de generación eléctrica de la manera más amigable con el ambiente, esto que actualmente se volvió una responsabilidad de toda persona.

### **Local**

En el caserío la Shoclla comparte esta aflicción de la carencia de energía eléctrica es una realidad el 100 por ciento de los comuneros en este poblado están desabastecidos, tratando de ser proveídos por ella han gestionado ya sin mucha esperanza tramites interminables y con conclusiones poco favorables para que llegue energía a su localidad, lo cual deja a este poblado totalmente desabastecido y sin esperanza de

tenerla. Lo que radica como un gran problema para su desarrollo considerando que en la actualidad la energía eléctrica es base para todas las actividades de una ciudad, empezando por la seguridad de la misma los habitantes del poblado han sufrido constantemente robos violentos por parte de gente de mal vivir que aprovecha la oscuridad de la noche para cometer sus fechorías, el comercio es muy poco ya que solo se puede comercializar con productos no perecibles o que no requieran ser congelados, los servicios de educación y salud ni siquiera existen dentro del poblado teniendo que acercarse al distrito para recibir tales servicios lo que expone a los enfermos a debilitarlos más por el sobre esfuerzo del viaje y a los niños a las inseguridades del viaje ya que tienen que ir solos debido a sus padres se dedican a las labores agrícolas, visto todo esto que son las cosas más resaltantes en cuanto a la falta de energía que enfrenta el poblado se puede apreciar de manera muy contundente el problema.

## **1.2 Trabajos previos**

### **1.2.1 Tesis**

**Salazar (2017)** en su trabajo de investigación “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para abastecimiento eficiente de energía en el ámbito rural” presentado para adquirir el grado de Magister en Tecnología Energética, cuya finalidad fue diseñar un sistema fotovoltaico para abastecer de forma eficiente energía eléctrica en el ámbito rural. La investigación se realizó con la elaboración de un módulo considerando un correcto modo de operación y buena selección de los equipos. Para el análisis se hicieron mediciones y toma de datos de generación de energía eléctrica en 30 días entre los meses de agosto a septiembre del año 2015, en cuanto a la experimentación se hizo la comparación en cuanto al diseño del sistema fotovoltaico dado por el Ministerio de Energía y Minas y el diseño realizado por el autor.

**Aporte:** Que el “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para abastecimiento eficiente de energía en ámbito rural” su objetivo como investigación se logró diseñar un Sistema Fotovoltaico que abastece de forma eficiente los sectores rurales de la región Junín, además de un adecuado dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo permite generar mayor energía eléctrica y puede ser empleado no solo para iluminación si no para utilizar máquinas productivas.



**Castilla (2018)** en su tesis “Propuesta de un sistema fotovoltaico para consumo eléctrico en el municipio de Quebrada negra, Cundinamarca” presentada para optar por el título de ingeniero mecánico, hace mención que hoy en día estamos en un cambio acelerado debido al aumento de energía eléctrica al mismo tiempo se prevé una disminución de los contaminantes que provienen en su mayoría del uso de combustibles fósiles, por ello se necesita un aumento en el uso de fuentes renovables y amigables con el medio ambiente, masificándolos en varios países y regiones según sus mejores potenciales.

**Aporte:** Que la “Propuesta de un sistema fotovoltaico para consumo eléctrico en el municipio de Quebranegra, Cundimarca” su objetivo del proyecto de índole energético es ayudar a compensar el deterioro ambiental a nivel mundial que ha venido en aumento estos últimos años, además de cubrir la demanda de brindar servicio de energía eléctrica en la zona de Cundimarca mejorando el desarrollo y economía de esta.

:

**Alvarado Fajardo (2014)** se realizó el estudio titulado “Diseño, simulación y análisis de sistema solar FV para suministro eléctrico en zonas rurales”, este estudio se analiza la relación entre el consumo estimado y generado con la radiación solar con respecto al lugar y a la hora del día para una escuela debido a problemas de intermitencia eléctrica en Tibaná – Boyacá, lo cual afectaba a la alimentación de los estudiantes. Por ello se analiza todo el sistema de paneles solares, reguladores inversos, baterías y la caja de distribución.

**Aporte:** Que el proyecto de “Diseño, simulación y análisis de sistema solar FV para suministro eléctrico en zonas rurales” la finalidad de su elaboración y ejecución es suplir las necesidades primordiales y que se ayude a estimar la producción generada y optimizar el sistema mejorando la capacidad de la gestión de recursos energéticos.

**Recarte (2014)** en su tesis “Central Solar Fotovoltaica de 500 kW” para optar el título de Ingeniero Electricista cuyo objetivo fue el definir constructivamente una instalación de generación fotovoltaica de acuerdo con la legislación vigente, en España. La planta se concibe con un sistema móvil manual para modificar la posición de los paneles, además de conexión a red y se instalará en el término municipal de Logroño (La Rioja), siendo la potencia nominal total de la instalación de 500 kW concluye que las

características de la planta son potencia nominal 500 kW, 16 inversores de 30 kW, un transformador de 630 kW, 16 seguidores solares, potencia máxima de 604.8 kW y 2016 módulos fotovoltaicos.

**Aporte:** Que el proyecto tuvo el objetivo para la instalación de la central fotovoltaica de acuerdo a la legislación vigente en España, con seguidores solares para su mejor aprovechamiento de la energía solar.

**Gonzales y Vargas (2015)** en su tesis “Diseño de una Central Eléctrica-Fotovoltaica en el Caserío Naranjos, Distrito de Aramango, Provincia Bagua” para optar el título de Ingenieros Mecánicos Electricistas plantean como objetivo diseñar una central eléctrica-fotovoltaica, para el Caserío Naranjos, Distrito Aramango, Provincia Bagua, en sus conclusiones exponen que existe una demanda actual de 2.99 KW y es proyectada a 20 años para los cuales la demanda llegara a 3.65 KW, los cálculos los han hecho tomando datos estadísticos de radiación del SENAMI, considerando una radiación mínima de 2.93 KWh/m<sup>2</sup> y máxima de 6 KWh/m<sup>2</sup>, la central diseñada bajo su propuesta tiene 14 módulos fotovoltaicos de 275 Wp, un inversor de 6 KWh, 25 baterías de 24V-195 Ah.

**Aporte:** Que el proyecto de diseñar una central fotovoltaica para el caserío de naranjos seria de mucha ayuda para el desarrollo de la comunidad y de sus habitantes. La máxima demanda con una proyección a 20 años será de 3.65 Kw.

### **1.2.2 Artículos científicos.**

**Velazco Capacho y Nova Pinzón (2016)** en su artículo científico “Dimensionamiento y aplicación android para un sistema fotovoltaico autónomo en zona rural” publicada en la revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada en el XXVIII Unidades Tecnológicas de Santander – UTS en el presente artículo se hace mención al sistema de generación de energía fotovoltaica autónoma (SFA) que permite la transformación de radiación solar a energía eléctrica empleando paneles solares, inversores, reguladores y acumuladores (batería); es por ello que este trabajo muestra los dimensionamiento de un SFA para la zona rural del municipio Rionegro en Santander (Colombia) mediante un caso de estudio. Además, permite analizar, desde el muestreo realizado, el consumo energético de una vivienda, cálculos realizados para dimensionar los elementos que se requieren y por último la aplicación android del

diseño que permite a la comunidad en general el dimensionamiento particular de un SFA.

**Aporte:** En este artículo científico trata del diseño de una aplicación android que permita a la comunidad de Rionegro el dimensionamiento particular del Sistema Fotovoltaico Autónomo, con ello se busca mejorar y abastecer energía eléctrica a esta zona rural.

**Gasca (2014)** en su artículo “Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia” publicado en Revista Mexicana De Física en este artículo se reflexiona sobre la problemática energética mundial; la finitud de las fuentes fósiles y su impacto al medio ambiente. Explica que la estructura energética mundial es no sustentable y se requiere de un cambio de paradigma energético basado en la eficiencia energética y el uso de fuentes alternas como las energías renovables (ER), y a manera de conclusión argumenta que la época del petróleo barato ha terminado y se espera un mix energético mundial para los próximos 20 años, la demanda energética mundial está en continuo aumento a un ritmo de crecimiento anual de 2.47%, que en el mundo se ha iniciado ya un periodo de transición energética, varios países han implementado políticas que les permite ir cambiando su actual sistema energético a uno sustentable, además expone que las energías renovables pueden cubrir el 50% de la demanda energética mundial a mediados del presente siglo, la penetración masiva de energías renovables precisa también de una serie de hitos tecnológico que permitan acelerar todo el proceso.

**Aporte:** En este artículo científico se reflexiona sobre la problemática energética mundial, las fuentes fósiles están en su límite de agotamiento, lo cual se requiere un cambio de paradigma energético basado en la eficiencia energética y el uso de fuentes alternas como las energías renovables.

### **1.3 Teorías relacionadas con el tema**

#### **1.3.1 Demanda**

##### **Potencia**

La normativa peruana clasifica el ámbito de electrificación en dos frentes el urbano y el rural teniendo definiciones de demanda de potencia diferentes con justificadas razones para ambos ámbitos, debido a que en el sector rural el acceso a dispositivos

que demanden energía una vez electrificada la zona es muy bajo además de al no contar con electricidad no cuentan con dispositivos que involucren su consumo. (Dirección General de Electricidad.; Ministerio de Energía y Minas, 2003 pág. 3)

Así también en cuanto al sector rural las localidades las clasifica en tipo I y tipo II debido a la forma en que han construido sus casas, siendo las de tipo I las que tienen formación tipo ciudad donde se puede apreciar formación de calles, mientras las del tipo II y de menos demanda son las que se han formado de manera muy dispersa dejando a total disposición del diseñador ciertas características como iluminación pública. Según la normativa peruana para localidades tipo II, donde las viviendas están situadas en áreas rurales que no presentan una configuración urbana o es incipiente. La calificación asignada por cada lote es de 400 W (Dirección General de Electricidad.; Ministerio de Energía y Minas, 2003 pág. 3)

El factor de simultaneidad será según la normativa de electrificación rural 0.5 y 1 para domicilio y alumbrado público respectivamente (Dirección General de Electricidad.; Ministerio de Energía y Minas, 2003 pág. 4)

### **Alumbrado publico**

En cuanto al alumbrado público se tiene estandarizado según normativa los tipos y cargas:

<b>Tipo de Lámpara</b>	<b>Pot. de Lámpara</b> (W)	<b>Perdidas</b> (W)	<b>Total</b> (W)
<b>Vapor de Sodio</b>	50	10	60
<b>Vapor de Sodio</b>	70	11.6	81.60
<b>Vapor de Sodio</b>	150	18.6	168.6

Tabla 1.- Cargas para alumbrado público en áreas rurales. Fuente: RD031-2003-EM

Calculo del consumo mensual de alumbrado publico (Direccion General de Electricidad.; Ministerio de Energia y Minas, 2003 pág. 3)

$$CMAP = KALP \times NU$$

Donde:

CMAP	:	Consumo mensual de alumbrado público en kWh
KALP	:	del sector típico 4 será 3.3
NU	:	Número de Usuarios de la localidad

La cantidad de iluminación pública para sistemas rurales será calculado con la siguiente ecuación (Direccion General de Electricidad.; Ministerio de Energia y Minas, 2003 pág. 3):

$$PI = \frac{(CMAP \times 1000)}{(NHMAP \times PPL)}$$

Donde:

PI: Puntos de Iluminación

CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kWh

NHMAP: Número de horas mensuales del servicio alumbrado público (horas/mes)

PPL: Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público en watts

El número de horas mensuales de servicio debe estar comprendidas entre 8 a 12 horas diarias y multiplicadas por 30 días.

## **Cargas especiales**

Las cargas especiales deben ser determinadas según el estudio.

### **1.3.2 Energía Fotovoltaica**

La energía llamada fotovoltaica es un tipo de energía que se optime de la transformación de radiación solar por medio de paneles en energía eléctrica en DC, esto se logra gracias a los materiales llamados semiconductores cuyas propiedades permiten esta transformación de energía estos materiales son aprovechados en lo que se conoce como células fotovoltaicas. El silicio es el principal material que se usa para la fabricación de esta tecnología, cuando los fotones de la luz solar caen sobre las caras de la célula solar generan una corriente eléctrica que es el cambio de un fotón por un electrón libre dentro de la célula este electrón conocido mediante conductos eléctricos es orientando en una dirección generándose el concepto de lo que es electricidad así se puede obtener energía eléctrica a cambio de energía de radiación sol (Correa Montenegro, y otros, 2018 pág. 21)

### **1.3.3 Instalaciones aisladas de la red eléctrica**

Instalaciones se utilizan en lugares que está muy alejados de la red de distribución estas instalaciones son instalaciones que se colocan en situaciones en donde generar energía con tecnología fotovoltaica es mucho más económica que conectarlos a la red. Siendo así una instalación que no tiene ninguna dependencia de la red eléctrica nacional por que se les llama a isla da de la red (Guevara Calderon, 2018 pág. 28).

Las aplicaciones principales que se le da a los sistemas aislados son para alumbrado público, para bombeo y tratamiento de agua, para antena de telefonía que no estén conectados a la red, para comunicación, aplicaciones ganaderas, aplicaciones agropecuarias, señalización y para electrificar viviendas y edificios (principalmente para iluminación electrodoméstico de baja potencia) (Guevara Calderon, 2018 pág. 29)

### 1.3.4 Horas de sol pico (HSP)

La definición de concepto de propiamente para la tecnología fotovoltaica las horas solar pico se definen como la cantidad de horas irradiancia de manera hipotética de 1000 watt por metro cuadrado, que generen la totalidad de irradiación que la real en el mismo día. Las horas solares pico de manera numérica se puede expresar como la cantidad de irradiancia. Este es un concepto muy importante en el cálculo para diseño de sistemas fotovoltaicos Ya que junto con un factor de perdidas puede estimar la potencia que puede producir el panel para el sistema fotovoltaico (Guevara Calderon, 2018 pág. 29) .

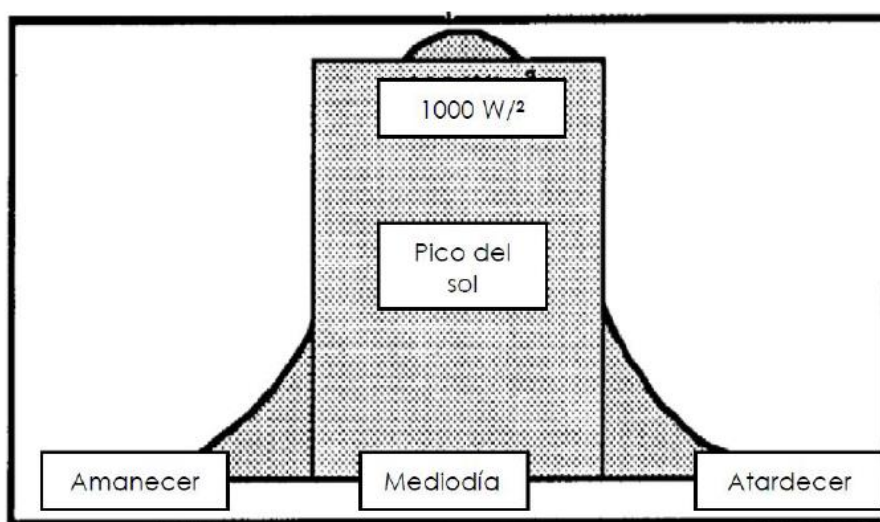


Figura 1.- Concepto de Horas Pico Solar. Fuente: Guevara, 2018, 30

### 1.3.5 Panel Fotovoltaico

Es un conjunto de células solares fotovoltaicas el cual cumple con la función de convertir la luz o radiación solar en energía eléctrica basado en el efecto fotovoltaico. Cuando la radiación solar cae sobre las células fotovoltaicas los fotones que han incidido sobre ella hacen que los electrones del material semiconductor del que se compone la célula solar rompan la barrera de potencial en la unión PN del y salen de la celular solar guiado por conductos para unirse a los electrones también liberados por otras células solares que componen el panel y así crear una flujo de electrones con una dirección a lo cual se le denomina corriente eléctrica (FOCER, 2002 pág. 6)

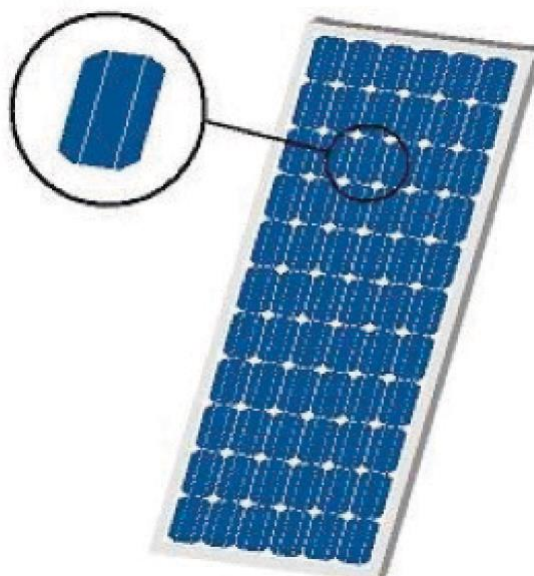


Figura 2.- Célula fotovoltaica y panel fotovoltaico. Fuente: Fundación ICAI, 2015, p. 5

### 1.3.6 La Batería

Una batería es un dispositivo que almacena energía en forma de corriente continua, en un sistema fotovoltaico cumple con la misma misión, aunque la tecnología cambia un poco a las baterías tradicionales que se logran ver en unidades motoras. Su funcionamiento es tan igual como cualquier batería la acumulación de energía se realiza por medio de químicos dentro de la batería, esta se forma por la asociación de varios elementos que reciben el nombre de celdas o vasos, cada uno tiene dos electrodos de diferente material en una disolución electrolítica, la diferencia entre sus composiciones químicas de los electrodos crea entre ellos una diferencia de potencial para cada vaso o celda siendo esta casi dos voltios, para sistemas fotovoltaicos las baterías más utilizadas por la simplicidad que presentan son las de plomo-acido que tienen voltajes nominales de 12 o 24 voltios, las baterías entregan potencia casi siempre superior a la que genera el campo solar o generador solar del sistema así que son la se diseñan o determinan el voltaje al que trabaja la instalación (FOCER, 2002 pág. 8)



### **1.3.7 Regulador de Carga**

Este dispositivo se encarga de proteger al acumulador o grupo de acumuladores que forman el banco de baterías, el regulador determina la apertura del circuito cuando establece que la batería o baterías están ya con la carga ideal así evita la sobre carga y por efecto de ella el deterioro de la misma, los reguladores también dependiendo su complejidad protegen contra sobrecargas muy excesivas de la batería lo que aporta un nivel de seguridad más elevado para su vida de trabajo(FOCER, 2002 pág. 11).

### **1.3.8 Inversor**

El otorgar energía eléctrica no sólo significa “otorgar energía” ya que debe cumplir con ciertas características propias de instalación o el requerimiento de las personas, sin estas características la energía no se podría hacer utilizar, es decir que la energía que se entrega debe tener la calidad, cantidad y ser del tipo requerido para poder utilizarla. Cuando hablamos del tipo de energía se refiere al tipo de energía que necesita la carga para utilizar en caso de corriente eléctrica la energía puede ser entregada de dos tipos como corriente alterna llamada AC o como corriente continua llamada DC, existen cargas que trabajan en ambos tipo de energía siendo en voltajes DC voltajes bajos como 12 o 24 V mientras que en voltajes AC son voltajes más elevados como 220 o 380 V (FOCER, 2002 pág. 11).

El voltaje en el tomacorriente, el cual tiene corriente alterna, fluctúa periódicamente a una razón de 60 ciclos por segundo, pero su valor efectivo es equivalente 220 V. Los módulos fotovoltaicos proveen corriente directa a 12 ó 24 Voltios por lo que se requiere de un componente adicional, el inversor, que transforme, a través de dispositivos electrónicos, la corriente directa a 12 V de la batería en corriente alterna a disposición de los equipos (FOCER, 2002 pág. 11).

### **1.3.9 Soportes.**

Los soportes son la estructura que va a soportar valga la redundancia los paneles solares estos se deben seleccionar de acuerdo a la posición o ubicación donde se va a desarrollar el sistema, ya que depende mucho de las condiciones climatológicas y topográficas para selección o para su instalación.

#### ***a) Sistemas fijos***

Este tipo de sistemas según lo que se identifica por su nombre es un sistema que no tiene movimiento durante la operación y funcionamiento de los paneles, por lo que desde un comienzo debe tener la inclinación correspondiente. Es la estructura más económica en cuanto a sistemas fotovoltaicos y la que requiere menor mantenimiento ya que es una estructura sin movimiento, pero la menos eficiente en comparación con otras. Para su instalación se deben considerar efectos de sombra por obstáculos alrededor, o sombra por lluvias o por efecto de la inclinación de otros paneles del mismo sistema. (Cordova Chapoñan, 2019 pág. 29).



Figura 3.- Soporte para panel solar Fijo. Fuente: Córdoba Chapoñan, 2019, p. 29

#### ***b) Seguidores Solares***

Especialmente en cielos despejados, con alto efecto de radiación directa (nubosidad baja), se suele utilizar seguidores solares. Estos incrementan la inversión, ya que se necesita un sistema adicional para poder mantener al panel siempre en el mejor ángulo con dirección al sol, lo que significa además agregar un mantenimiento más costoso comparándolo con el anterior soporte. Sin embargo, al seguir al sol en su trayectoria, suelen incrementar las

potencias generadas. En la actualidad este mercado se ha desenvuelto de manera muy satisfactoria (Cordova Chapoñan, 2019 pág. 30).

### **1.3.10 Cables**

Los cables para la instalación deben contar con el aislamiento adecuado, la selección de los mismos depende de la aplicación y del tipo de canales utilizados. Para realizar los cálculos se seguirán las indicaciones de la Norma Técnica Peruana (NTP) y del Código Nacional de Electricidad (CNE). Las secciones de los conductores deben ser tales que las caídas de tensión en ellos sean inferiores al 3 % entre el generador fotovoltaico y el regulador de carga, inferiores al 1 % entre la batería y el regulador de carga, e inferiores al 5 % entre el regulador de carga y las cargas. Todos estos valores corresponden a la condición de máxima corriente (Diaz Goicochea, 2019 pág. 45)

### **1.3.11 Diseño de una central aislada**

Para analizar un sistema fotovoltaico hay que considerar las pérdidas que enfrenta el mismo:

#### **a) Perdidas por temperatura**

En los paneles fotovoltaicos se produce una perdida por cada aumento de temperatura de 1°C en el orden de los 0.4 – 0.5 %, considerando que la temperatura estándar es 25°C. es lógico entonces determinar que el rendimiento en invierno es mayor que en verano por efecto de la temperatura (Acevedo Baquero, 2016 pág. 80).

$$FT_i = 1 + \frac{-PT}{100} (T_i - 25)$$

Donde:

FT<sub>i</sub> : factor por temperatura

PT : porcentaje de perdidas dado por el fabricante

T<sub>i</sub> : Temperatura de trabajo.

#### **b) Pérdidas por potencia nominal**

La fabricación de los módulos no nos brinda la seguridad de que todos los módulos y celdas fotovoltaicas sean idénticas lo que implica que la potencia que pueden generar de modo individual va a variar de unos a otros. La tolerancia de estos paneles en torno a la potencia nominal oscila entre el  $\pm 3\%$  al  $\pm 10\%$ . Se tomará el valor menos favorable (Acevedo Baquero, 2016 pág. 80).

#### **c) Pérdidas por conexión (mismatch)**

Son causadas por la conexión de paneles de diferentes potencias. Por ejemplo, en una conexión en serie de los módulos, el panel que disponga de menor potencia de todos limitará la corriente que circule por la serie al no poder permitir la circulación de más corriente que el máximo que él puede dar. Y si es en paralelo, el módulo con menor potencia limitará la tensión máxima del conjunto. Las pérdidas por conexionado se encuentran por lo general en el rango del 1% al 4% (Acevedo Baquero, 2016 pág. 81).

#### **d) Pérdidas por sombreado del generador**

Estas sombras sobre los paneles generan unas pérdidas energéticas causadas por un lado por la disminución de captación de irradiación solar (por existir una menor radiación) y por los posibles efectos de mismatch a las que pueda dar lugar al afectar a la potencia individual de un panel o a la de un conjunto de paneles de la instalación (Acevedo Baquero, 2016 pág. 81).

Con el fin de evitar pérdidas de rendimientos por sombras producidas por filas de paneles a las posteriores, la distancia, medida sobre la horizontal, entre una fila de colectores y un obstáculo, de altura  $h$ , que puede producir sombras sobre la instalación, será superior (según el procedimiento simplificado propuesto por el IDAE) (García Rodríguez, 2017 pág. 47)

$$d = \frac{h}{\tan(67^\circ - \text{latitud})}$$

Denominándose  $k$  al divisor ( $1/\tan(67^\circ - \text{latitud})$ ) el cual es un coeficiente adimensional. Debido a que es condicionado con la latitud su variación se determina por el lugar donde se ubique el modulo. Por lo tanto, la distancia que existe entre la parte posterior de la fila de paneles y el comienzo de la siguiente fila no será menor a la obtenida por la expresión mostrada. Aplicando  $h$  a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila de colectores y la parte baja de la siguiente (Garcia Rodriguez, 2017 pág. 47).

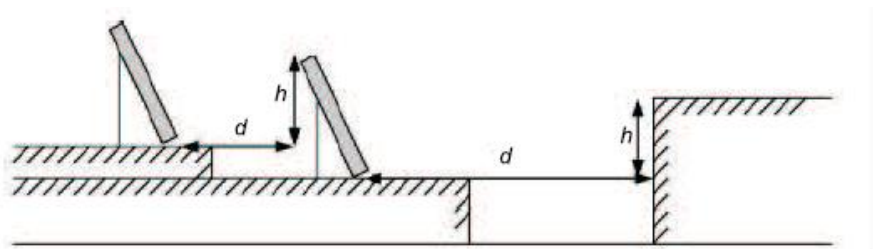


Figura 4.- Distancias del panel para evitar pérdidas por sombras. Fuente: García Rodríguez, 2017, p. 47

#### e) Pérdidas por polvo y suciedad

Las pérdidas por polvo y suciedad dependen del lugar de la instalación y de la frecuencia de lluvias. Valores típicos anuales son inferiores al 4% para superficies con un alto grado de suciedad (Acevedo Baquero, 2016 pág. 81).

#### f) Pérdidas angulares

La potencia nominal de un módulo fotovoltaico viene determinada por el fabricante en relación a las condiciones estándares de medida (irradiación de  $1000 \text{ W / m}^2$ , temperatura ambiente de  $25^\circ\text{C}$ ) y para un ángulo de incidencia de los rayos solar perpendicular al módulo, el que la radiación solar no incida perpendicularmente sobre el panel implica unas pérdidas que serán mayores

cuanto más se aleje el ángulo de incidencia de la perpendicular (Acevedo Baquero, 2016 pág. 81).

Para nuestro caso, pequeños sistemas fotovoltaicos para usos rurales, pensamos que no hay alternativa y el ángulo de inclinación podría elegirse entre  $0^\circ$  y el valor del ángulo de la latitud del lugar, orientado hacia el norte (Acevedo Baquero, 2016 pág. 81)

#### **g) Pérdidas por inversor**

La pérdida en el inversor se da de acuerdo al fabricante y el rendimiento del inversor (Acevedo Baquero, 2016 pág. 82)

$$PI = 100 - \eta_{inv}$$

Donde:

PI : pérdidas en el inversor

$\eta_{inv}$  : rendimiento del inversor (dato de fabricante)

### **1.4 Formulación Del Problema**

¿Cómo podría generar energía eléctrica para el caserío de la Shoclla en Cajamarca empleando energía solar?

### **1.5 Justificación Del Estudio**

#### **Justificación tecnológica**

La solución que se plantea para esta investigación es una tecnología que está teniendo desde hace mucho tiempo una gran incidencia en la solución práctica para la falta de energía en este tipo de comunidades, que está sumamente alejadas de los sistemas interconectado por lo que es imposible brindarles energía por medio de la alternativa más convencional que es el suministro por medio de redes de media y baja tensión. La investigación aportara luces sobre los proyectos que usen este tipo de tecnología y puedan ver si son factibles de aplicar esto servirá de ayuda a los proyectistas ya se

podrán ver la realidad de la zona para y establecer el comportamiento de esta tecnología desde una base científica.

### **Justificación social**

Socialmente la justificación radica en que la energía eléctrica es una necesidad fundamental para el desarrollo de cualquier poblado, se ha demostrado con el paso el tiempo que la principal causa de la migración hacia las ciudades por parte de comunidades de este tipo es que no cuentan con el servicio que debe ser indispensable para su desarrollo. El avance social es más que confirmado ya que la urbe tendrá la posibilidad de aumentar el comercio teniendo o adquiriendo tecnología que pueda conservar alimentos y ampliará su mercado, se podrá contar con iluminación nocturna ayudando a la seguridad de la zona evitando que gente de mal vivir se puede agazapar en la oscuridad. En conclusión, el desarrollo de toda urbe esta iniciada o empieza desde que empieza a hacer uso de energía eléctrica.

### **Justificación Económica**

Económicamente se justifica, ya que se permitirá el desarrollo económico de la población, el aumento de comercio, y hasta las pequeñas industrias. De por si el acceso a la energía eléctrica es la principal necesidad para que una comunidad pueda surgir económicamente.

### **Justificación Ambiental**

Ambientalmente se justifica ya que es una tecnología de generación de energía limpia, que usa recursos renovables para generar energía eléctrica y no causa impactos ambientales negativos.

## **1.6 Hipótesis**

Si se diseña un sistema de generación fotovoltaica entonces se podrá abastecer energía eléctrica al caserío la Shoclla ubicado en Cajamarca

## **1.7 Objetivos**

### ***Objetivo General***

Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para abastecer energía eléctrica al caserío la Shoclla en Cajamarca para el año 2019

### ***Objetivos Específicos***

- a) Calcular la máxima demanda del caserío la Shoclla.
- b) Dimensionar los componentes de la central fotovoltaica, de acuerdo a la radiación disponible en el caserío la Shoclla.
- c) Evaluar económicamente la Central Fotovoltaica.



## II. MÉTODO

### 2.1 Diseño de investigación

#### Tipo de investigación

La investigación que se muestra es aplicada ya que los conocimientos adquiridos en esta investigación pretenden solucionar un problema práctico y descriptivo ya que los datos se recogerán tal y cual ocurren por observación directa.

#### Diseño

El tipo de diseño será no experimental por que no se manipularan las variables.

### 2.2 Variables, Operacionalización

#### Variable independiente

Diseño Central fotovoltaica

#### Variable dependiente

Suministro de energía eléctrica

#### Operacionalización de variables

Variables independientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
<b>Diseño Central Fotovoltaica</b>	Instalación que transforma de manera directa la radiación solar en energía eléctrica.(Madrid Solar 2006, p. 30).	Capacidad del banco de baterías	Amperios hora	Razón
		Determinar la radiación solar	Kilowatts por metro cuadrado	Razón
		Potencia instalada	watts	Razón
Variables Dependientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
<b>Suministro de demanda eléctrica</b>	Conjunto de instalaciones que permiten la alimentación de la energía (DEG, 2011, p. 15) eléctrica en forma segura y que llega hasta el punto de entrega	Demanda de energía de la población	Kilowatts hora	Razón
		Perdidas de distribución	kilowatts hora	Razón

Tabla 2.- Cuadro de Operacionalización de Variables. Fuente: Propia

## 2.3 Población y muestra

### Población muestral

Pobladores del Caserío la Shoclla.

Lotes del Caserío la Shoclla.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1 Técnica e instrumentos de recolección de datos.

Técnica	Instrumento	Objetivo
Observación directa	Ficha de observación directa	Determinar un levantamiento topográfico de la zona
Encuesta	Formulario de la encuesta	Determinar costo de otra fuente de energía que usen los pobladores
Análisis de Documentos	Ficha de análisis de documentos	Determinar la radiación de la zona Determinar las características de los componentes según catálogos

Tabla 3.- Instrumentos de Recolección de Datos. Fuente: Propia

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados

### 2.4.2 Validez y confiabilidad

**Validez:** la validez de los instrumentos será dada por la aprobación de tres especialistas en el área.

**Confiabilidad:** Este proyecto tendrá la estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos, accediendo mejoras de éxito.

## 2.5 Métodos de análisis de datos

El método que se utilizará en este proyecto es el método deductivo, ya que el resultado de lo que queremos lograr se halla implícitamente en las premisas que se puedan alcanzar. Además, se analizarán por medio de estadística descriptiva donde se

determinarán varianzas para obtener datos promedio y poder determinar lo cálculos realizados.

## **2.6 Aspectos éticos**

El presente proyecto se elaborará manteniendo la confidencialidad de los antecedentes, datos y documentos con cual se realiza el estudio a fin de evitar cualquier hecho o situación que pudiera suponer o llegar a ocasionar un conflicto entre el interés del poblado y las autoridades de la zona.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Calcular la máxima demanda del caserío la Shoclla.

Para determinar la demanda máxima se refirió a las bases peruanas sobre normativa de electrificación rural donde según la tipificación de la zona le corresponde una asignación de potencia a cada lote. Como no presenta una organización tipo ciudad y no tiene plaza o formación de calles se determinó que es un centro poblado tipo I esto quiere decir que tiene 400W por cada lote (DGE - MEN, 2003, pág. 2).

Por medio de observación directa se determinó que existen 25 lotes donde viven entre 4 a 5 personas.

N° CASA	ESTE	NORTE	PERSONA POR CASA
1	766613	9231240	5
2	766634	9231297	3
3	766613	9231212	6
4	766621	9231298	3
5	766600	9231240	4
6	766611	9231272	6
7	766610	9231252	6
8	766641	9231268	6
9	766624	9231229	6
10	766631	9231277	4
11	766625	9231273	6
12	766618	9231280	5
13	766646	9231208	6
14	766614	9231259	4
15	766647	9231245	5
16	766629	9231258	4
17	766632	9231236	3
18	766645	9231299	4
19	766635	9231281	5
20	766644	9231221	5
21	766623	9231203	6
22	766601	9231277	5
23	766601	9231283	4
24	766619	9231227	6
25	766639	9231210	5
26	766606	9231204	5

Tabla 4.- Lotes que componen el caserío la Shoclla. Fuente: Propia

Una central fotovoltaica según la normativa peruana debe considerarse para una proyección de 20 años, por lo tanto, debe proyectarse el aumento de viviendas, para determinar el aumento viviendas se deben considerar dos indicadores demográficos, el primero es la cantidad de pobladores por vivienda, los habitantes por casa también se registraron teniendo un promedio de 4.88 personas por lotes.

Se tomará un promedio de cinco habitantes por lote debido a que no se puede fraccionar una persona. Así considerando el crecimiento poblacional se podrá determinar cuántos lotes habrá para una proyección de 20 años. El crecimiento poblacional, toma de los registros del INEI donde se sustrae la tabla siguiente.

Provincias	1993	2007	Tasa de crecimiento intercensal promedio anual
<b>Total</b>	<b>1 259 808</b>	<b>1 387 809</b>	<b>0,7%</b>
Cajamarca	230 049	316 152	2,3%
Cajabamba	69 236	74 287	0,5%
Celendín	82 436	88 508	0,5%
Chota	164 144	160 447	-0,2%
Contumazá	32 698	31 369	-0,3%
Cutervo	143 795	138 213	-0,3%
Hualgayoc	75 806	89 813	1,2%
Jaén	170 261	183 634	0,5%
San Ignacio	112 526	131 239	1,1%
San Marcos	48 632	51 031	0,3%
San Miguel	61 160	56 146	-0,6%
San Pablo	24 494	23 114	-0,4%
Santa Cruz	44 571	43 856	-0,1%

Tabla 5.- Tasas de crecimiento poblacional. Fuente: INEI, 2017

El caserío queda en la provincia de Cajamarca donde el crecimiento poblacional es de 2.3%. Considerando estos indicadores (5 habitantes por lote y 2.3% de crecimiento poblacional) se tendrá para el año 20.

Año	Lotes	Población	Año	Lotes	Población
0	26	127	11	33	163
1	26	130	12	33	167
2	27	133	13	34	171
3	27	136	14	35	175
4	28	139	15	36	179
5	28	142	16	37	183
6	29	146	17	37	187
7	30	149	18	38	191
8	30	152	19	39	196
9	31	156	20	40	200
10	32	159			

Tabla 6.- Lotes para el año 20. Fuente: Propia

Como se indicó para cada casa se asignará una demanda de 400W por el tipo de localidad urbana que se está tipificado como tipo I según la normativa peruana. Dos referencias más que se deben considerar es que el factor de simultaneidad debe ser de 0.5 (es el factor que determina cuanto de la carga se está utilizando al mismo tiempo).

Año	Lotes	Potencia por lote (W)
0	26	7800
1	26	7795.26
2	27	7974.55
3	27	8157.97
4	28	8345.60
5	28	8537.55
6	29	8733.91
7	30	8934.79
8	30	9140.29
9	31	9350.52
10	32	9565.58
11	33	9785.59
12	33	10010.66
13	34	10240.90
14	35	10476.44
15	36	10717.40
16	37	10963.90
17	37	11216.07
18	38	11474.04
19	39	11737.94
20	40	12007.92

Tabla 7.- Potencia proyectada para 20 años para el caserío la Shoclla

Existen dos factores que se debe considerar cuando se genera energía para un sector sin ella, el primero es que deberá existir alumbrado público por lo que se debe determinar cuántas luminarias deben colocarse, las luminarias tienen un consumo 60W y no se considerara que estas aumenten progresivamente, sino se calculara la demanda para la instalación para el año 20 que es la potencia que deberá entregar el sistema fotovoltaico. El otro factor que debe entenderse es la pérdida ya que solo se permite una pérdida del 5% de potencia esta deberá generarse para que no afecte durante la distribución de energía.

Calculando la cantidad de luminarias se tendrá que realizar por medio de lo indicado en la normativa vigente se calcula el CMAP y con este la cantidad de punto de iluminación.

$$CMAP = KALP \cdot NU$$

$$PI = \frac{1000 \cdot CMAP}{NHMAP \cdot PPL}$$

Donde:

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh

KALP : Factor de AP en kWh/usuario-mes

UN : Número de Usuarios de la localidad

PI : Puntos de iluminación

NHMAP: Número de horas mensuales del servicio de alumbrado publico

PPL : Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado publico

PI	4.5	Unidades
CMAP	132.09	kWh
KALP	3.3	kWh/usuario-mes
NU	40	Lotes
NHMAP	360	h/mes
PPL	81.6	W

Tabla 8.- Cantidad de luminarias para el año 20 en el caserío la Shoclla. Fuente: Propia



Considerando esta cantidad de luminarias como número entero se tendrá un requerimiento de 4 luminarias para el año 20, y considerando el 5% de pérdida de potencia en la distribución la demanda que deberá entregar el sistema fotovoltaico será de:

Año	Lotes	Potencia por lote (W)	Potencia por luminaria (W)	Perdida de Potencia (5%)	Potencia total (w)
0	26	7800	300.00	405.00	8505.00
1	26	7795.26	300.00	404.76	8500.02
2	27	7974.55	300.00	413.73	8688.28
3	27	8157.97	300.00	422.90	8880.86
4	28	8345.60	300.00	432.28	9077.88
5	28	8537.55	300.00	441.88	9279.43
6	29	8733.91	300.00	451.70	9485.61
7	30	8934.79	300.00	461.74	9696.53
8	30	9140.29	300.00	472.01	9912.31
9	31	9350.52	300.00	482.53	10133.04
10	32	9565.58	300.00	493.28	10358.86
11	33	9785.59	300.00	504.28	10589.87
12	33	10010.66	300.00	515.53	10826.19
13	34	10240.90	300.00	527.05	11067.95
14	35	10476.44	300.00	538.82	11315.26
15	36	10717.40	300.00	550.87	11568.27
16	37	10963.90	300.00	563.20	11827.10
17	37	11216.07	300.00	575.80	12091.87
18	38	11474.04	300.00	588.70	12362.74
19	39	11737.94	300.00	601.90	12639.84
20	40	12007.92	300.00	615.40	12923.31

Tabla 9.- Aumento progresivo de la demanda para el año 20 del Caserío la Shoclla. Fuente: Propia.

Para poder dimensionar el sistema fotovoltaico no solo es necesario determinar la demanda del caserío sino también su consumo de energía para el consumo de abonados domestico se referenciará al indicador desarrollado por la concesionaria para el consumo de abonado en sector rural que es de 20 kWh/mes, el consumo de energía de las luminarias se determinó según el CMAP siendo de 132.09 kWh/mes.

Las pérdidas por energía para distribución son del 7% según la norma técnica de calidad de servicios eléctricos para sector rural teniendo así un consumo progresivo hasta el año 20 como se detalla.

Año	Lotes	Energía lotes (kWh)	Energía luminaria (kWh)	Perdida de Energía (7%)	Energía total (kWh)
0	27	540.00	132.09	0.047	672.13
1	28	552.40	132.09	0.048	684.54
2	28	565.09	132.09	0.049	697.23
3	29	578.07	132.09	0.050	710.21
4	30	591.35	132.09	0.051	723.49
5	30	604.93	132.09	0.052	737.07
6	31	618.83	132.09	0.053	750.97
7	32	633.04	132.09	0.054	765.18
8	32	647.58	132.09	0.055	779.72
9	33	662.46	132.09	0.056	794.60
10	34	677.67	132.09	0.057	809.82
11	35	693.24	132.09	0.058	825.38
12	35	709.16	132.09	0.059	841.31
13	36	725.45	132.09	0.060	857.60
14	37	742.11	132.09	0.061	874.26
15	38	759.16	132.09	0.062	891.31
16	39	776.59	132.09	0.064	908.75
17	40	794.43	132.09	0.065	926.58
18	41	812.68	132.09	0.066	944.83
19	42	831.35	132.09	0.067	963.50
20	43	850.44	132.09	0.069	982.60

Tabla 10.- Consumo mensual de energía proyectado para el año 20 del caserío la Shoclla, Fuente: Propia

### **3.2 Dimensionar los componentes de la central fotovoltaica, de acuerdo a la radiación disponible en el caserío la Shoclla.**

#### **3.2.1 Cálculo de horas pico solares**

Para el cálculo de las horas pico solares que según la teoría es las horas que el panel fotovoltaico podrá otorgar su potencia pico. Se determina mediante la división de la radiación solar mínima en la zona y la irradiancia a la cual se producen los paneles solares (1000W/m<sup>2</sup>). La radiación solar se recogió de la página interactiva del Mapa interactivo de NREL según las coordenadas del caserío teniendo.

MES	RADIACION (kWh/m <sup>2</sup> )
ENERO	3.84
FEBRERO	3.77
MARZO	3.41
ABRIL	3.41
MAYO	3.41
JUNIO	3.48
JULIO	3.12
AGOSTO	3.48
SEPTIEMBRE	3.19
OCTUBRE	3.46
NOVIEMBRE	3.43
DICIEMBRE	3.14

Tabla 11.- Radiación promedio en el caserío Shoclla. Fuente: Mapa interactivo de NREL

Las horas pico solares se determinan mediante:

$$HPS = \frac{R}{I}$$

Donde:

HPS: Horas solar pico

R : Radiación

I : Irradiancia estándar

Donde:

HPS	3.12	h
R	3120.00	Wh/m2
I	1000	W/m2

Tabla 12.- Horas pico solares para el caserío Shoclla. Fuente: Propia

### 3.2.2 Cálculo del campo solar

Para la determinación del campo solar se debe calcular la energía real que requerirá generar esta energía es la energía que requiere el caserío que se determinara como energía teórica y las pérdidas de energía que se establecen mediante un factor global del perdidas (Cantos Serrano, 2016).

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v)(1 - k_a \frac{N}{P_d})$$

Este factor se establece bajo el concepto de (Cantos Serrano, 2016).

Kb	Factor de pérdidas en el conjunto batería y regulador	0.1
Kc	Factor de pérdidas del inversor	0.1
Kv	factor de perdidas varias	0.1
Ka	Coefficiente de autodescarga diaria de las baterías	0.005
N	Número de días de autonomía	3 a 10
Pd	Profundidad de descarga de las baterías	0.5

Tabla 13.- Factores de pérdidas para cálculo de factor global de pérdidas. Fuente: (Cantos Serrano, 2016).

Se calcula la energía real

$$E = \frac{ET}{R}$$

Teniendo para el caserío:

Energía mensual	982.60
Energía diaria	32.75

Tabla 14.- Energía requerida por el caserío para el año 20. Fuente: Propia

Considerando 3 días de autonomía y siendo esta la energía teórica se calcula la energía real para el dimensionamiento del campo solar:

E	47.68	kWh
ET	32.75	kWh
R	0.69	

Tabla 15.- Cálculo de la energía real para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico. Fuente: Propia

Ahora la configuración del campo solar será mediante conexiones de paneles en serie que formaran ramales y estas se colocaran en paralelo por lo que se definen según la configuración:

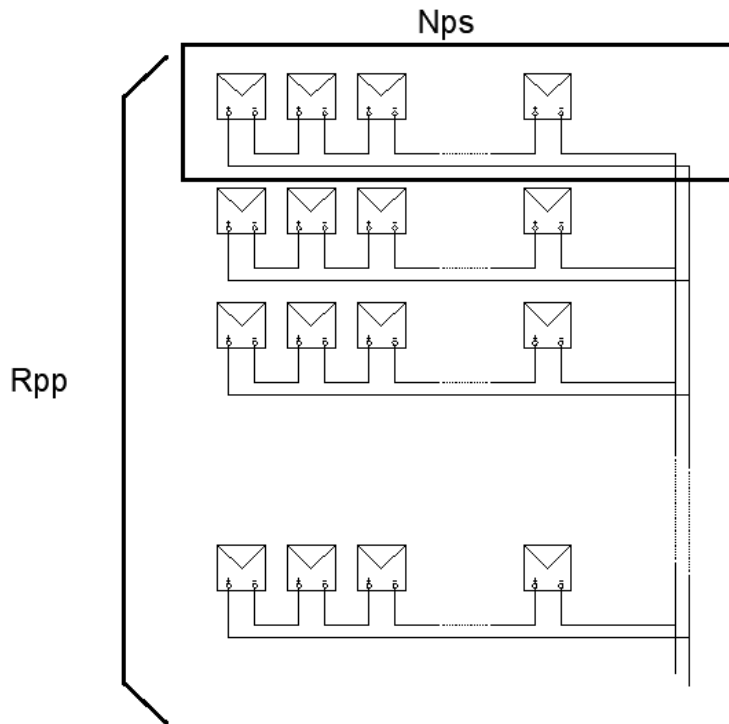


Figura 5.- Configuraron del arreglo de paneles. Fuente: Propia

Para el cálculo de la cantidad de paneles solares se deberá multiplicar los paneles en serie (Nps) que se conectarán para alcanzar el voltaje requerido por el sistema formando estas ramas de paneles solares que deberán conectarse en paralelo (Rpp).

Se determina la potencia del campo solar dependiente de las horas solares pico que existe en la zona.

$$PpC = \left( \frac{E}{HSP} \right)$$

Donde:

PpC : Potencia del campo solar  
HSP : Hora solar pico  
E : Energía en real

Se tiene:

PpC	15.28	kW/m2/dia
HSP	3.12	h
E	47.68	kWh/m2/dia

Tabla 16.- Cálculo de la potencia del campo solar. Fuente: Propia

Esta potencia debe ser cubierta por la potencia de todos los paneles que componen el campo solar, es decir los paneles en serie por las ramas en paralelo, debido a que al colocar los paneles en serie estos formaran prácticamente otro panel de mayor dimensión al cual se le está llamando rama, no podrán fraccionarse por lo que solo se tomaran enteros superiores al calculado, lo que hace que si se requieren 1.5 ramas se deberá tomar 2 así 0.5 de la rama no se utilizara y sobredimensionara el sistema aumentando el costo. Por lo que se establece una interacción entre las posibles configuraciones de paneles en serie y ramas en paralelos considerando los límites de voltaje del inversor.

Panel serie	Voltaje	Ramas en paralelo	Ramas real	Porcentaje no utilizado	Potencia del campo	Error
6	217.2	6.88	7	12%	15.54	0.26
7	253.4	5.90	6	10%	15.54	0.26
8	289.6	5.16	6	84%	17.76	2.48
9	325.8	4.59	5	41%	16.65	1.37
10	362	4.13	5	87%	18.5	3.22
11	398.2	3.76	4	24%	16.28	1.00
12	434.4	3.44	4	56%	17.76	2.48
13	470.6	3.18	4	82%	19.24	3.96
14	506.8	2.95	3	5%	15.54	0.26
15	543	2.75	3	25%	16.65	1.37
16	579.2	2.58	3	42%	17.76	2.48
17	615.4	2.43	3	57%	18.87	3.59
18	651.6	2.29	3	71%	19.98	4.70
19	687.8	2.17	3	83%	21.09	5.81
20	724	2.07	3	93%	22.2	6.92
21	760.2	1.97	2	3%	15.54	0.26
22	796.4	1.88	2	12%	16.28	1.00
23	832.6	1.80	2	20%	17.02	1.74
24	868.8	1.72	2	28%	17.76	2.48
25	905	1.65	2	35%	18.5	3.22

Tabla 17.- Tabulación entre posibles configuraciones de Nps y Rpp. Fuente: Propia

La primera columna muestra la cantidad de paneles en serie que podrían trabajar bajos los límites de voltaje del inversor 200 – 1000 V, conectar un panel mas o menos determinaría fuera del voltaje requerido por el inversor para un correcto funcionamiento. De acuerdo a esto se establecen en la tercera columna cuantas de estas ramas en paralelo debe haber para poder generar la potencia deseada.

$$NP_p = \left( \frac{P_p C}{N_{ps} \cdot W_p} \right)$$

Donde  $W_p$  es la potencia del panel, para el cálculo se seleccionó el panel más comercial debido a la cantidad que se requiere.

Debido a que no se puede fraccionar ni las ramas ni los paneles siempre se consideraran números superiores enteros por lo que se muestra en la columna “Rama Real” la cantidad de ramas que deberá colocarse si se elige esa configuración. Considerando ya estos valores reales se puede determinar la potencia del campo multiplicando la potencia del panel por la cantidad de paneles en serie y la cantidad de ramas en paralelo así determinar la potencia real del campo solar.

Las filas que muestran el menor error son:

Panel serie	Voltaje	Ramas en paralelo	Ramas real	Porcentaje no utilizado	Potencia del campo	Error
6	217.2	6.88	7	12%	15.54	0.26
7	253.4	5.90	6	10%	15.54	0.26
14	506.8	2.95	3	5%	15.54	0.26
21	760.2	1.97	2	3%	15.54	0.26

Tabla 18.- Configuración de paneles que muestran el error mínimo. Fuente: Propia



Se tomó como un criterio adicional la mayor cantidad de paneles en serie ya que al colocarlos en serie la intensidad será la misma lo que permitirá disminuir la sección del conductor cuando se realizó el cálculo de caída de voltaje. Así teniendo la configuración del campo solar:

Panel serie	21	Unid
Ramas real	2	Unid
Paneles Totales	42	Unid
Potencia del campo	15.54	kW

Tabla 19.- Cantidad de paneles requeridos. Fuente: Propia

### 3.2.3 Cálculo de banco de baterías

Para el cálculo del banco de baterías se determinó utilizar un voltaje de 24V ya que el inversor que se seleccionó trabaja también como cargador y tiene una salida de 24V.

$$C_u = E \cdot N$$

Donde:

- Cu : Capacidad del sistema acumulador  
 E : Energía de diseño  
 N : Días de autonomía

Por lo que se dimensiona un banco de generadores:

Cu	143053	Wh
E	47684	wh/día
N	3	Día

Tabla 20.- Capacidad del banco de baterías. Fuente: Propia

Debido a que se debe considerar una profundidad de descarga a la que trabaje la batería se establece como dato aleatorio un 50% dato que se cambiaría según la evaluación económica ya que según esta descarga se tendrá los años de vida útil de la batería. Debido a esto se recalcula la capacidad del sistema acumulador teniendo la capacidad requerida (Cn)

$$C_N = \frac{C_u}{P_d}$$

Donde:

Cn : Capacidad requerida del sistema acumulador  
Cu : Capacidad del sistema acumulador  
Pd : Profundidad de descarga

Se tiene:

Cn	286107	Wh
Cu	143053	Wh
Pd	50%	

Tabla 21.- Capacidad requerida por el campo de baterías. Fuente: Propia

La capacidad del banco de baterías debe ser determinada Amperios Hora (Cnt\_Ah) siendo esta la conversión del watt hora entre el voltaje del sistema (Vns).

Cnt_Ah	11921	Ah
CNT	286107	Wh
Vns	24.0	V

Tabla 22.- Capacidad del banco en amperio hora. Fuente: Propia

Se seleccionó la batería U-power UP-GC42-2RE debido a su existencia en el mercado más cercano al lugar de la investigación esta tiene un voltaje de 2V y una capacidad de 1700 Ah, por lo tanto al igual que con los paneles se deberá colocar cierta cantidad de baterías en serie para lograr el voltaje del sistema.

NBs	12.00	unid
Vns	24	V
Vnb	2	V

Tabla 23.- Cantidad de baterías en serie. Fuente: Propia

El número de baterías es exacto para lograr el voltaje del inversor controlador. La cantidad de estos ramales de baterías que se deben colocar en paralelo se establece por:

$$NR_p = \frac{C_n}{C_b}$$

Donde:

NR<sub>p</sub> : Numero de ramas de acumuladores en paralelo

C<sub>n</sub> : Capacidad del sistema acumulador

C<sub>b</sub> : Capacidad del acumulador elegido

Tenemos:

NR <sub>p</sub>	7.01	unid
C <sub>n</sub>	11921.11	Ah
C <sub>b</sub>	1700	Ah

Tabla 24.- Cantidad de ramas en paralelo de acumuladores en serie. Fuente: Propia

La cantidad total de acumuladores será la multiplicación de los acumuladores en serie y las ramas de acumuladores en serie teniendo 84 acumuladores que estarán repartidos en 7 ramas de 12 acumuladores cada una. Notece que en este caso no se tomó el valor superior entero debido a que solo se requeriría 0.01 ramas más de las 7 que se están

tomando, esto no afectara en gran medida al sistema solo será perjudicial para la profundidad de descargar en un 0.01%, es decir que para que den las 7 ramas exactas la profundidad de descarga a utilizar seria del 50.01%.

### 3.2.4 Selección del controlador - inversor

Durante el procedimiento normal para dimensionamiento de una central se debería establecer en primer requisito la dimensión del campo solar y del banco de baterías, pero debido a la variedad de equipos y la potencia que se debe tener que suministrar el voltaje del sistema dependerá del inversor ya que a partir de 5 KW de potencia los inversores de mejor factibilidad son de tecnología MPPT y sus voltajes de trabajo está entre 500 – 800 V. La consideración para su selección es aumentar un factor de diseño del 1.15.

Potencia	12.92	kW
FS	1.15	
Pot Inversor	14.86	kW

Tabla 25.- Potencia de salida del inversor. Fuente: Propia

El controlador - inversor que se selecciono fue el Fronius Simo 15.0-3-M el cual cuenta con una salida de 5 KW con tensión de ingreso de 200 – 1000 Voltios lo cual es conveniente por la caída de tensión. Debido a su potencia se deberán utilizar tres inversores cargadores.

### 3.2.5 Calculo de cables

Para el cálculo de los cables se debe considerar las caídas de tensión mas que la carga a transportar debido a que las distancias generan caídas de tensión considerables que para poder mantenerlas bajo la normativa de calidad del IDAE

Sub sistema		Recomendada	Máxima
Panel	Regulador	1.0%	3.0%
Regulador	Batería	0.5%	1.0%
Batería	inversor	1.0%	1.0%

Tabla 26.- Caídas de tensión permisibles en un sistema fotovoltaico. Fuente: IDEA

Se calcula la distancia de separación entre los paneles considerando un ángulo de inclinación de 15° se tendrá

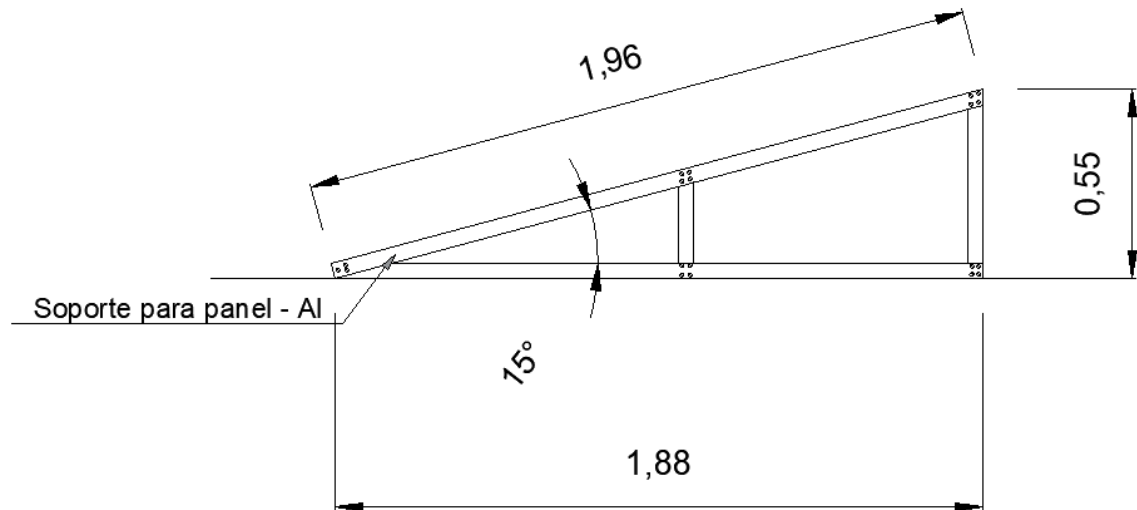


Figura 6.- Medidas del panel. Fuente: Propia

La distancia entre paneles se calcula según:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^{\circ} - \text{latitud})}$$

Se tiene:

D	0.57	M
H	0.55	M
Latitud	17	°

Tabla 27.- Distancia de separación entre soportes. Fuente: Propia

Teniendo la distancia entre paneles se determina la distancia del recorrido del cable.

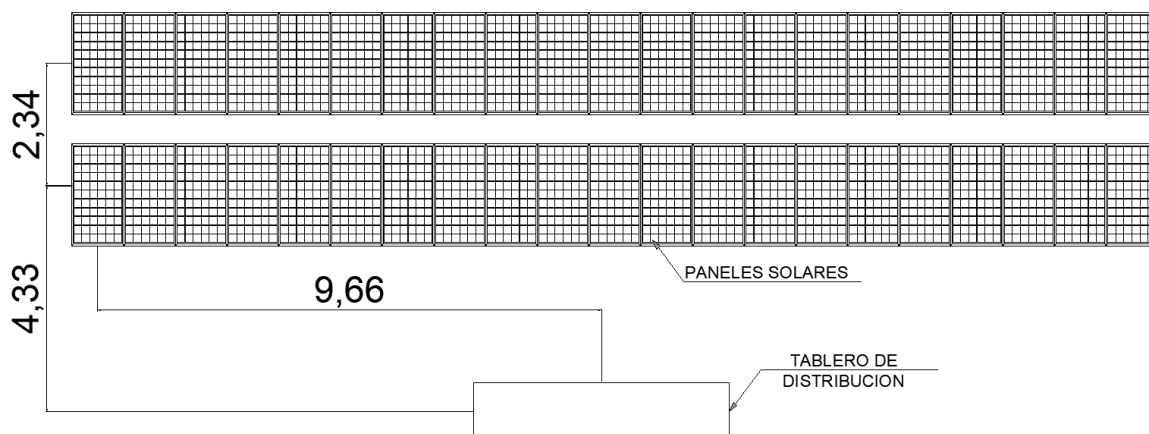


Figura 7.- Distancias hasta el tablero de distribución. Fuente: Propia

Calculando la caída de tensión mediante:

$$Va - Vb = \frac{2LI\rho}{S}$$

Donde:

- Va-Vb : Caída de tensión en voltios
- L : Longitud
- I : Intensidad
- $\rho$  : Resistividad del cobre (0.00178 W mm<sup>2</sup>/m)

Se calcula la caída de tensión para los dos tramos el primero de 2.34 m y el segundo de 13.99 m considerando que en el primer tramo solo se llevara la intensidad de un panel mientras que en el según tramo la intensidad de dos paneles:

Tramos	L	I	S	Va-Vb
1	1.96	6.89	2.5	0.0193
2	13.99	13.78	2.5	0.2754

Tabla 28.- Calculo de caída de tensión para todas las hileras de acuerdo a su ubicación con respecto a los tableros de control.

Considerando que la caída de tensión para los paneles al tablero debe de ser el 3% de 760.2 V que es el voltaje según el arreglo que se tuvo de 21 paneles en serie, la caída de tensión no debe ser mayor a 22.8 V y esta llega a 0.2947 m.

### 3.3 Realizar la evaluación económica del sistema de generación eléctrica fotovoltaico a través del TIR y VAN.

#### 3.3.1 Costos de instalación y mantenimiento

La inversión que se generara por la instalación del sistema fotovoltaico se establece según los proveedores que se consultaron para los equipos componentes de la central teniendo como inversión inicial.

Item	Materiales	Und.	Metrado	Precio	Parcial
1	Paneles solar	42.00	unid	S/ 907.00	S/ 38,094.00
2	Controlador de carga	7.00	unid	S/ 5,014.56	S/ 35,101.92
3	Inversor solar	3.00	unid	S/ 4,478.00	S/ 13,434.00
4	Baterías	84.00	unid	S/ 1,125.00	S/ 94,500.00
5	cable 2.5 mm2	30.00	m	S/ 1.20	S/ 36.00
6	SopORTE	42.00	unid	S/ 8.50	S/ 357.00
7	tablero autosoportado	1.00	unid	S/ 350.00	S/ 350.00
Total					S/. 181,872.92

Tabla 29.- Costo de materiales de central para el caserío. Fuente: Propia

El costo de instalación se pide por separado ya que según lo indicado por la ficha de la batería esta será cambiada cada 7 años. Por lo tanto, los gastos de instalación serán.

Item	Materiales	Und.	Metrado	Precio	Parcial
1	Nivelación del terreno del campo	1.00	glb	S/ 350.00	S/. 350.00
2	instalación de paneles solares	42.00	glb	S/ 35.00	S/. 1,470.00
3	Instalación de baterías	84.00	glb	S/ 12.00	S/. 1,008.00
4	instalación del tablero de distribución	1.00	unid	S/ 850.00	S/. 850.00
5	instalación de cerca perimétrica	180.00	m	S/ 350.00	S/. 63,000.00
6	instalación de loza	45.00	m2	S/ 175.00	S/. 7,875.00
Total					S/. 74,553.00

Tabla 30.- Costo de instalación de la central. Fuente: Propia

El costo de operación y mantenimiento no se tomara en cuenta ya que solo se requiere una capacitación de los pobladores para darle mantenimiento a la central que al ser autonomía y estática solo requiere un mantenimiento diario en cuanto a limpieza.

### 3.3.2 Ingreso por venta de energía.

Considerando el pliego tarifario de osinergmig.

TARIFA BT5B:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
No Residencial	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	3.24
	Cargo por Energía Activa	ctm. S/./kW.h	61.34

Tabla 31.- Pliego tarifario BT5B. Fuente: Osinermig

Se calcula de manera progresiva el consumo de energía que otorgará la central y se determina la venta de energía anual por los 20 años que tendrá de funcionamiento la central

Año	Energía total (kWh)		Ingreso	
	Mensual	Anual	Mensual	Anual
0	672.13	8065.61	S/ -	S/ -
1	684.54	8214.46	S/ 423.14	S/ 5,077.63
2	697.23	8366.73	S/ 430.92	S/ 5,171.03
3	710.21	8522.50	S/ 438.88	S/ 5,266.58
4	723.49	8681.84	S/ 447.03	S/ 5,364.32
5	737.07	8844.85	S/ 455.36	S/ 5,464.31
6	750.97	9011.60	S/ 463.88	S/ 5,566.59
7	765.18	9182.17	S/ 472.60	S/ 5,671.23
8	779.72	9356.67	S/ 481.52	S/ 5,778.26
9	794.60	9535.18	S/ 490.65	S/ 5,887.76
10	809.82	9717.78	S/ 499.98	S/ 5,999.77
11	825.38	9904.58	S/ 509.53	S/ 6,114.35
12	841.31	10095.67	S/ 519.30	S/ 6,231.57
13	857.60	10291.15	S/ 529.29	S/ 6,351.47
14	874.26	10491.12	S/ 539.51	S/ 6,474.13
15	891.31	10695.68	S/ 549.97	S/ 6,599.61
16	908.75	10904.94	S/ 560.66	S/ 6,727.97
17	926.58	11119.01	S/ 571.61	S/ 6,859.28
18	944.83	11338.00	S/ 582.80	S/ 6,993.61
19	963.50	11562.01	S/ 594.25	S/ 7,131.02
20	982.60	11791.17	S/ 605.97	S/ 7,271.58

Tabla 32.- Ingreso por venta de energía durante el funcionamiento de la central. Fuente: Propia



Se muestra un ingreso de venta de energía de 0 en el año cero debido a que el primer año de inversión la central no existirá.

### 3.3.3 Evaluación económica

Para la evaluación económica se debe establecer un contraste entre el gasto que requerirá la central fotovoltaica y el ingreso que generara está recordando que los gastos son inversión, cambio de baterías cada 8 años y el costo de operación y mantenimiento. Se tendrá de manera progresiva durante los 20 años de vida de la central.

Inversion	Costos de operación y mantenimiento	Ingreso	Balance de caja
S/ 256,425.92		S/ -	-S/ 256,425.92
	S/ -	S/ 5,077.63	S/ 5,077.63
	S/ -	S/ 5,171.03	S/ 5,171.03
	S/ -	S/ 5,266.58	S/ 5,266.58
	S/ -	S/ 5,364.32	S/ 5,364.32
	S/ -	S/ 5,464.31	S/ 5,464.31
	S/ -	S/ 5,566.59	S/ 5,566.59
	S/ -	S/ 5,671.23	S/ 5,671.23
S/ 95,508.00	S/ -	S/ 5,778.26	-S/ 89,729.74
	S/ -	S/ 5,887.76	S/ 5,887.76
	S/ -	S/ 5,999.77	S/ 5,999.77
	S/ -	S/ 6,114.35	S/ 6,114.35
	S/ -	S/ 6,231.57	S/ 6,231.57
	S/ -	S/ 6,351.47	S/ 6,351.47
	S/ -	S/ 6,474.13	S/ 6,474.13
	S/ -	S/ 6,599.61	S/ 6,599.61
S/ 95,508.00	S/ -	S/ 6,727.97	-S/ 88,780.03
	S/ -	S/ 6,859.28	S/ 6,859.28
	S/ -	S/ 6,993.61	S/ 6,993.61
	S/ -	S/ 7,131.02	S/ 7,131.02
	S/ -	S/ 7,271.58	S/ 7,271.58

Tabla 33.- Balance de caja para central fotovoltaica. Fuente: Propia

Los evaluadores económicos son negativos para una central de este tipo en la inversión privada. Considerando una tasa de interés del 12% se tiene.

VAN	- S/267,959.88
TIR	No Existe

Tabla 34.- Evaluadores económicos de la central. Fuente: Propia

### 3.3.4 Propuesta de evaluación económica positiva

Para que la inversión sea rentable se deberá buscar un ente gubernamental que aporte la inversión en los tres intervalos de tiempo este aporte deber ser como mínimo del 87% de cada inversión teniendo.

Inversión	Aporte	Ingreso	Balance de caja
S/ 256,425.92	S/ 223,090.55	S/ -	-S/ 33,335.37
		S/ 5,077.63	S/ 5,077.63
		S/ 5,171.03	S/ 5,171.03
		S/ 5,266.58	S/ 5,266.58
		S/ 5,364.32	S/ 5,364.32
		S/ 5,464.31	S/ 5,464.31
		S/ 5,566.59	S/ 5,566.59
		S/ 5,671.23	S/ 5,671.23
S/ 95,508.00	S/ 83,091.96	S/ 5,778.26	-S/ 6,637.78
		S/ 5,887.76	S/ 5,887.76
		S/ 5,999.77	S/ 5,999.77
		S/ 6,114.35	S/ 6,114.35
		S/ 6,231.57	S/ 6,231.57
		S/ 6,351.47	S/ 6,351.47
		S/ 6,474.13	S/ 6,474.13
		S/ 6,599.61	S/ 6,599.61
S/ 95,508.00	S/ 83,091.96	S/ 6,727.97	-S/ 5,688.07
		S/ 6,859.28	S/ 6,859.28
		S/ 6,993.61	S/ 6,993.61
		S/ 7,131.02	S/ 7,131.02
		S/ 7,271.58	S/ 7,271.58

Tabla 35.- Flujo de caja con el 96% de inversión y sin costo de operación y mantenimiento. Fuente: Propia

Considerando esta peculiaridad los evaluadores económicos serán rentables a una tasa de interés del 12% teniendo:

VAN	S/2,244.22
TIR	13%

Tabla 36.- Evaluadores económicos. Fuente: Propia

#### **IV. DISCUSIÓN**

La presente investigación se realiza a partir de la problemática del caserío la Shoclla el cual no cuenta con energía eléctrica y está ubicado a una distancia muy alejada de las redes de energía lo que hace imposible que este se conecte a ellas en un futuro cercano es ahí donde parte la presente investigación para generar energía eléctrica para las necesidades del poblado mediante un sistema fotovoltaico adecuado a sus necesidades.

La investigación parte de la ejecución de los instrumentos de recolección de datos que se determinaron durante la concepción del proyecto de investigación mediante estos se determina los lotes que tiene la localidad y las características de distribución siendo según la normativa que se regente en la actualidad en Perú del tipo I para zonas rurales esto permite determinar la máxima demanda a la cual la central corresponderá siendo está proyectada a 20 años a futuro.

La proyección se determina gracias al índice de crecimiento poblacional de la zona, determinando cuantos habitantes en promedio viven en la localidad por cada lote se puede proyectar cuantos habitantes existirán en el año 20 así dividiendo nuevamente esta cantidad de habitantes entre el promedio de habitantes por lote se determina a cuantos lotes deberá suministrar energía la central. Además de adicionarle la carga de alumbrado público que debe ser calculado para la población en el año 20.

De acuerdo a la radiación de la zona se establecen las horas pico solares que son las horas que los paneles solares podrán otorgar su potencia pico, se registró la radiación de todo el año 2018 para las coordenadas del centro poblado así se determinó la mínima radiación que existe en la zona durante el año, se tomó esta para el cálculo considerando que si la central puede generar la demanda de energía durante el mes con menos radiación durante los otros meses también podrá abastecer al caserío.

El procedimiento de diseño se estableció primero con la selección del inversor debido a que este determinara el voltaje del sistema, los paneles y baterías se conectaron en serie de acuerdo a la cantidad de potencia que se puede generar, debido a que los

componentes no pueden fraccionarse siempre se establecen los números enteros superiores, como cantidades de componentes, así el campo solar será sobredimensionado y se seleccionó el campo solar cuyo arreglo de paneles en serie de una potencia cercana a la requerida por él.

Al igual que la investigación de Salazar en el 2017 se logró el objetivo de dimensionar una central que este de acuerdo a las necesidades energéticas de la zona actualmente solo se requiere energía para iluminación y comunicaciones. Pero se difiere en que la central pueda generar energía para logara centros de producción ya que no cuenta con suficiente capacidad o no ha sido evaluada para esta función no obstante una ampliación dependiendo de la evaluación económica que se tenga podría ser considerable ya que se determinó la generación durante el mes más crítico existen otros meses que se tiene una radiación mayo aunque no es muy alejada de la utilizada para el dimensionamiento de la central, podrían evaluarse estos meses para determinar cuanta energía se puede utilizar en producción.

A diferencia de la investigacion de Castilla en el 2018 esta investigacion no pretende ayudar al medio ambiente o mejorar las ocndiciones ambientales actuales aunque al ser una investigacion sobre la generacion de energia renovable esta contribucion al medio ambiente cae por su propio peso . la instalacion de centrales de este tipo ayudan a que las centrales termicas que entran en funcionamiento mayor mente en horas pico reduscan su produccion y al mismo tiempo aportarian un menor impacto negativo al medio ambiente asi que aunque no fue el objetivo de esa investigacion si se puede afirmar que se logra una mejora para el medio ambiente.

Aunque el enfoque de generacion es el mismo no se tiene no se tiene la misma direccion que la investigacion de Alvarado del 2014, ya que esta investigacion a diferecnai del antecedente no tiene por objetivo ayudar u optimizar el sistema electrico, ya que no existe pero si en cambio lleva acorde al antecedente el suplir las nececidades basicas que en este caso son la iluminacion y comunicaciones, mas adelante al ver las bondades de tener energia en la zona el crecimiento y desarrollo como ha pasado en otras localidades con cituaciones similares seran mayores y requeriran mayores suministro de energia.

A diferencia de la investigación de Gonzales y Vargas del 2015 los datos estadísticos no se lograron hallar en las referencias del SENAMI sino en la página interactiva del NAMA que formula una web donde se puede obtener la radiación promedio mensual y sirve como datos para investigaciones de este tipo.

## V. CONCLUSIONES

- La máxima demanda del caserío para el año actual es de 8.505 kW y para el año 20 es de 11.17 kW. El consumo de energía para el año 0 es de 672.13 KWh y para el año 20 de 982.60 kWh, En ambos casos se determinó la potencia y energía considerando las pérdidas por distribución que en potencia es del 5% y en energía del 7% y las cargas de iluminación calculadas para el año 20.
- Se calculó las horas pico solares para el mes más crítico que es junio con 3.12 kWh/m<sup>2</sup> con lo cual se dimensiona el campo solar que tiene 42 paneles de 320 Wp con series de cinco paneles para lograr el voltaje de 760.2 V del sistema, se determinaron 84 baterías de 1700 Ah a 2 V que se enseriaran entre 12 unidades para lograr el voltaje del inversor cargador, también se seleccionó tres inversores de 5 KW de salida considerando la demanda para el año 20.
- La evaluación económica se dio para los costos e ingresos a precios privados lo que demostró que según el ingreso de energía no es factible la central fotovoltaica, pero considerando que los pobladores cubran el costo de operación y mantenimiento, además de tener que considerar que un ente gubernamental aporte el 87% de la inversión inicial y de la inversión que se debe hacer para el cambio de baterías en los años correspondientes se podrá considerar una evaluación económica positiva con un VAN de S/2,244.22 considerando una tasa de interés del 12% y un TIR del 13%.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Mantener un registro del crecimiento poblacional de la localidad para determinar el desfase del cálculo establecido y así poder considerar el aumento o disminución de la demanda.
- Actualizar la tecnología según el avance y alcance que se tenga de la tecnología fotovoltaica ya que el avance sobre esta clase de tecnologías es muy acelerado. Compara posibles competencias a los proveedores de la zona.
- Concretar los resultados del informe considerando el beneficio social que involucrará ya que deberá desarrollarse por medio de un ente gubernamental.



## VII. REFERENCIAS

*¿CUANTA ENERGÍA NECESITAMOS?* **Lago, R. 2011.** 67, Madrin : s.n., 2011.

**Acevedo Baquero, Crhistian Camilo. 2016.** *Diseño de un sistema de Generacion Hibrda Solar-Diesel como alternativa de suministro electrico del Municipio de Miraflores (Guaviare).* Facultad de Ingenieria: Programa de Ingenieria Electrica, Univesidad La Salle. Bogota : s.n., 2016. pág. 122, Tesis Pregrado.

**Aguirre Delgado, Renato. 2016.** *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para suministrar agua para riego al fundo Rodríguez distrito de Oyotún de la provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque.* Carrera de Ingenieria Mecanica Electrica, Univesidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque : s.n., 2016. pág. 120, Tesis Pregrado.

*Another record-breaking year beckons for the US photovoltaics market as installers race to complete utility-scale projects before the end of 2016.* **optics.rog. 2015.** 2015, BUSINESS NEW.

**Balarezo Valdez, Joaquin, y otros. 2014.** *Planteamiento Estrategico del Sector de Generacion de Energia Electrica del Peru.* Escuela de Posgrado, Pontificia Universidad Catolica del Peru. Santiago de Surco : s.n., 2014. pág. 189, Tesis de Maestria.

**Bilbao Moran, Alvaro y García-Jalón, Andrés Armesto. 2018.** *EL MERCADO ENERGÉTICO Y DE RENOVABLES EL CASO SIEMENS GAMESA.* China : s.n., 2018.

*CALCULO Y DISEÑO DE UNA PLANTA FOTOVOLTAICA EN EL MARCO DEL PROGRAMA NACIONAL DE FOMENTO PARA EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES.* **Berrino, Crinstian H., Silva, Luis I y Buccuarelli, Agustín. 2018.** [ed.] Asociación Civil Red Pymes Mercosur. Argentina : s.n., 2018, Revista Pymes, Innovación y Desarrollo , Vol. 6, págs. 24-43. ISSN: 2344-9195.

**Calle Forero, Jorge Alberto, y otros. 2017.** *Planeamiento Estratégico del Sector de las Fuentes No Convencionales de Energia Renovable en Colomnia.* Escuela de Posgrado, Universidad Catolica del Peru. Bogota : s.n., 2017. pág. 212, Tesis de Maestria.

**Cantos Serrano, Julian. 2016.** *Configuracion de instalaciones solares fotovoltaicas.* Austrias : Ediciones Parafino, 2016. 978 84 283 3756 4.

**Capra, F. 1992.** *EL PUNTO CRUCIAL.* Buenos Aires - Argentina : Troquel, 1992.

**Cata Sanchez, Jefferson Eusebio y Rodriguez Socola, Fulton Mijail. 2015.** *Analisis Matematico de un Panel Fotovoltaico de Silicio.* Carrera de Ingenieria Electrica, Universidad Politecnica Saleciana. Guayaquil : s.n., 2015. pág. 113, Tesis Pregrado.

*COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA INVERNADEROS Y GASTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA RED. Poblano Ortiz, Edilberto Santos, y otros. 2015. 4, Chapingo, Estado de México : s.n., 16 de Mayo de 2015, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol. 6, págs. 679-693.*

**Cordova Chapoñan, Isaac Gabriel. 2019.** *Microgeneracion Fotovoltaica Con el Software PVSYST en el Centro Poblado San Marcos - Lambayeque.* Faculta de Ingenieria Mecanica y Electrica, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque : s.n., 2019. pág. 117, Tesis de Pregrado.

**Correa Montenegro, Hilton Jhoel y Gonzales Silva, Victor Juan. 2018.** *Diseño de un sistema fotovoltaico autonomo para la generacion de energia electrica en la institucion educativa N° 287 de la comunidad nativa Villa Gonzalo, Distrito de Rio Santiago, Provincia Condorcanque, Departamento de Amazonas.* Facultad de Ciencias Fisicas y Matematicas: Escuela Profesional de Ingenieria Electronica, Univesidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque : s.n., 2018. pág. 125, Tesis Pregrado.

**De la Cruz, Wuilber Clemente. 2014.** *Optimizacion del sistema solar fotovoltaico para la generacion de energia electrica en viviendas aisladas altoandinas.* Escuela de Postgrado, Universidad Nacional del Centro del Peru. Huancayo : s.n., 2014. pág. 128, Tesis de Maestria.

**Delgado Guervara, Alberto. 2016.** *Propuesta de Sistema Fotovoltaico para Ahorro de Energía Eléctrica de una Incubadora Avícola en la Ciudad de Chiclayo 2016.* Carrera de Ingenieria Mecanica Electrica, Universidad Cesar Vallejos. Chiclayo : s.n., 2016. pág. 83, Tesis Pregrado.

**DGE - MEN. 2003.** Bases para el diseño de lineas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificacion rural. *Norma DGE.* Lima : s.n., 2003.

**DGER, Ministerio de Energia y Minas. 2003.** Bases para el diseño de redes primarias y secundarias con conductores autoportantes par electrificacion rural. Lima, Perú : s.n., Diciembre de 2003. pág. 22.

**Diaz Goicochea, Bhonomy Frederich. 2019.** *Dimensionamiento de un Sistema Electrico con Energia Solar y Eolico para Electrificar el Caserio Chonchor en el DIstrito de Morrope Departamento de Lambayeque.* Facultad de Ingenieria Mecanica y Electrica, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque : s.n., 2019. pág. 123, Tesis Pregrado.

**Direccion General de Electricidad.; Ministerio de Energia y Minas. 2003.** Bases para el diseño de lineas y redes secundarioas con conductores autoportantes para electrificacion rural. Lima : s.n., Diciembre de 2003. pág. 22.

*FACTIBILIDAD DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED. Giraudy Arafet , Carlos, y otros. 2014. 2/2014, Agosto de 2014, Ingeniería Energética, Vol. XXXV, págs. 141-148. ISSN 1815 -5901.*

**FOCER. 2002.** *Manual Sobre Energia Renovable: Solar Fotovoltaica.* San Jose : Copyright, 2002. pág. 49. 9968-9708-9-1.

**Francisco, Martinez Moreno. 2012.** *Caracterizacion y Modelado de Grandes Centrales Fotovoltaicas.* Madrid : s.n., 2012.

**Garcia Rodriguez, Eloy Jose. 2017.** *Diseño de una instalacion solar termica para calentamiento de agua caliente en una residencia de mayores.* Ingenieria Energetica: Grupo de Termotecnia, Universida de Sevilla. Sevilla : s.n., 2017. pág. 150, Tesis Pregrado.

**Gonzales Vega Antero Jesus, Vargas Carrasco Bagner Rahi. 2015.** *Diseño de una Central Eléctrica-Fotovoltaica en el Caserío Naranjos, Distrito de Aramango, Provincia Bagua.* Pimentel : s.n., 2015.

**Guevara Calderon, Bladimir Alexander. 2018.** *Aprovechamiento de la Energia Solar para la Generacion de Energia Electrica y Reduccion de Emisiones de CO2 en el Caserio Nuevo Eden - Yambrasbamba - Amazonas.* Facultar de Ingenieria Mecanica y Electrica, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque : s.n., 2018. pág. 125, Tesis Pregrado.

**Guevara Lopez, Alex Camilo. 2016.** *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado, alimentado por un sistema fotovoltaico para el cultivo hidropónico en una planta piloto en el sector de san Vicente - Quero.* Escuela de Ingenieria Mecanica, Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Riovamba : s.n., 2016. pág. 104, Tesis Pregrado.

**Huaman Arqueros, Jonathan Edson. 2014.** *Generadores de Energia Electrica Utilizando Residuos Organicos Liquidos en Proceso Anaerobico.* Facultad de Ingenieria Quimica, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo : s.n., 2014. pág. 64, Tesis de Pregrado.

**IMPACTO DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DISTRIBUIDA EN LOS NIVELES DE TENSIÓN. APLICACIÓ CASO REAL. Morán, Federico A., Facchini, Marco L. y Doña, Victor M. 2010.** San Juan, Argentina : s.n., 2010, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 14. ISSN 0329-5184.

*Implementacion de un Prototipo de Sistema Fotovoltaico Autonomo: Construccion, Caracterizacion y Monitoreo.* **Nieves, J y Aristizabal, J. 2014.** Octubre de 2014, Conference Paper, págs. 1-7.

**Jose, Recarte Allue. 2013.** *Central Solar Fotovoltaica de 500 kW.* España : s.n., 2013.

*La fotovoltaica en el mundo: China.* **Shaw, Vincent. 2019.** 2019, PV MAGAZINE.

**Lojano Chacha Diego, Rioz Gonzales Oscar Daniel. 2013.** *Análisis técnico-económico para la generación de energía solar fotovoltaica en el Ecuador y su conexión a la red pública, basada en el artículo 63 de la regulación No. CONELEC-004/11.* Cuenca : s.n., 2013.

**Martinez, Carlos Suarez. 2012.** *Estudio y Diseño de una Planta de Generacion de Energia Solar Fotovoltaica de 1.5 MW, con Conexion a la Red Electrica de Distribucion.* Murcia : s.n., 2012.

**Minotta Marin, Luis Fernando y Villavicencio Aluma, Isable Cristina. 2017.** *Diseño de alternativas para la generacion de energia electrica conectada a la red por medio de energia solar para el edificio Almendros de la Universidad Javeriana Cali: sistema fotovoltaico o sistema de ciclo Rankine con energia solar concentrada.* Departamento de Ingenieria Industrial, Pontificia Universidad Javeriana Cali. Santiago de Cali : s.n., 2017. pág. 106, Tesis de Pregrado.

**Negron Llacuachqui, Franco Heriberto y Salcedo Rosas, Jose De Monthy. 2017.** *Comparacion de la eficiencia de sistemas fotovoltaicos mediante seguimiento solar.* Facultad de Ingenieria Quimica, Universidad Nacional del Centro del Peru. Huancayo : s.n., 2017. pág. 111, Tesis Pregrado.

**Orbe Navarrete, Adrian Felipe. 2016.** *Generacion de Energia Electrica Mediante el Aprovechamiento de Residuos Solidos: El Caso de Loja.* Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales: Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio. Junio : s.n., 2016. pág. 116, Tesis de Maestria.

**Orbegozo, C. y Arivilca, R. 2010a.** *ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, MANUAL TÉCNICO PARA INSTALACIONES DOMICILIARIAS.* 2010a.

**Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN. 2016.** *LA INDUSTRIA DE LA ELECTRICIDAD EN EL PERÚ: 25 AÑOS DE APOORTE AL CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL PAÍS.* Magdalena del Mar, Lima : s.n., 2016.

**OSINERGMIN. 2016.** *LA INDUSTRIA DE LA ELECTRICIDAD EN EL PERÚ: 25 AÑOS DE APOORTE AL CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL PAÍS.* Magdalena del Mar, Lima : s.n., 2016.

**Pareja Aparicio, Miguel. 2010.** *ENERGÍA SOLA FOTOVOLTAICA: CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN AISLADA.* Barcelona : Marcombo S.A., 2010. ISBN: 978-84-267-1596-8. .

**Peralta Vera, Aixa Anel. 2018.** *Estudio experimental de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en corriente continua.* Facultad de Ingenieria, Universidad Tecnológica del Peru. Arequipa : s.n., 2018. pág. 67, Tesis Pregrado.

**Quicio Chuñe, Luis Eduardo. 2016.** *Propuesta de un aerogenerador para el suministro de energia electrica en la I.E. San Francisco de Paredones, San Jose, 2016.* Facultad de Ingenieria: Escuela Academico Profesional de Ingenieria Mecanica Electrica, Universidad Cesar Vallejos. Lima : s.n., 2016. pág. 113, Tesis Pregrado.

**RIGO POR GOTEIO COM ENERGÍA SOLAR PARA EL TOMATE EM CAVACO, BENGUELA, ANGOLA. Rogério Mossandei, Anaclides, Brown Manrique, Oscar y**

**Mujica Cervantes, Albi. 2015.** 2, Ciego de Avila, Cuba : s.n., Abri, Mayo, junio de 2015, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 24, págs. 11-17. ISSN -1010-2760.

**Sanchez, Macarena Jimenez. 2012.** *Diseño de una Planta Solar Fotovoltaica de 20 MW en California y Conexion a la Red de Distribucion.* Madrir : s.n., 2012.

**Sebastian, Eliseo. 2019.** EliseoSebastian.com. *Distancia entre paneles solares.* [En línea] 16 de octubre de 2019. [Citado el: 13 de octubre de 2019.] <https://eliseosebastian.com/distancia-entre-paneles-fotovoltaicos/>.

*Solar power supplies 10 percent of Japan peak summer power: Asahi.* **Hanai, Toru. 2015.** 2015, reuters.

**Solar, Madrid. 2006.** *Guia de la Energia Solar.* Madrid : s.n., 2006.

**SunEdison, Fundacion ICAI -. 2015.** *Manual de formación para instalación y mantenimiento de pequeñas instalaciones fotovoltaicas.* España : SunEdison, 2015.

**Valdiviezo Salas, Paul Daniel. 2014.** *Diseño de un Sistema Ffotovoltaico para el Suministro de Energia Electrica a 15 Computadoras Portatiles en la PUCP.* Lima : s.n., 2014.

—. **2014.** *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energia electrica de 15 computadoras portatiles en la PUCP.* Carrera de Ingenieria Mecanica, Pontificia Universidad Catolica del Peru. Lima : s.n., 2014. pág. 74, Tesis Pregrado.

**Yalli, Piriz Sagahon Imanol. 2013.** *Energia Solar Termica y Fotovoltaica Aislada para Pequeñas Comunidades en Peru.* Barcelona : s.n., 2013.

# ANEXOS


## ANEXO 01- FICHAS TECNICAS



### UP SERIES-GC

#### UP-GC42-2RE



Mechanical Characteristics		
	SI Units	US Units
Length	318 mm	12.52 inches
Width	181 mm	7.12 inches
Height	425 mm	16.73 inches
Weight	52.00 kg	114.6 lb
BCI Group Size		GC42
Cell Layout		0
Base Hold-Down		B0
Terminal Type		DT
 Terminal height: 18.5 mm – 0.73 in Bolt size: 5/16		

Electrical Characteristics	
Nominal voltage	2 Volts
C100 Rated Capacity (100h)	1700 Ah
C10 Rated Capacity (10h)	1300 Ah
Reserve Capacity @ 25A	2640 min
Reserve Capacity @ 75A	675 min

Operational temperature range: -20°C to + 55°C (always keep the battery charged at least 60% at temperatures below 0°C)

Charging Instructions at 25°C	
Daily charge	2.50V ± 0.05V
Float charge	2.20V
Equalize charge	2.60V ± 0.05V

\* Do not install or charge batteries in non-ventilated premises.  
\* The charging is of special importance because both over and under charging will severely limit the life of the batteries. If the batteries will stay for an extended period without being used please ensure they are routinely checked, cleaned and fully charged before being stored.

#### Battery temperature adjustment:

Reduce the voltage by 0.028V per cell for every 10°C above 25°C, increase the voltage by 0.028V per cell for every 10°C below 25°C.

Deep cycle batteries need to be equalized periodically. Actively used batteries should be equalized at least twice per year.

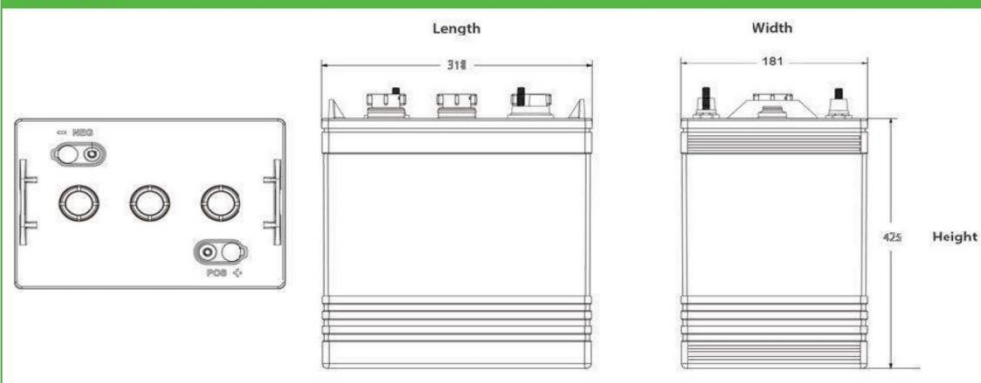


Polígono industrial La Dehesa  
C/ Dehesa Vieja, n°2 Nave 16  
28052 Madrid (Spain)  
Tel. (+34) 918 021 649  
Fax. (+34) 917 750 542  
info@masterbattery.es

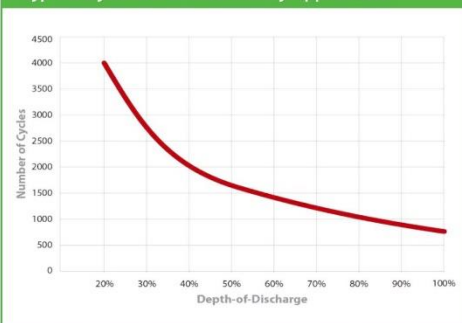


**UP-GC42-2RE**

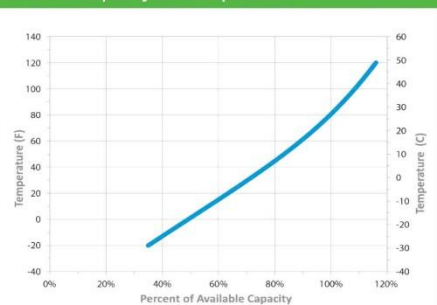
**Dimensions**



**Typical Cycle Life in a Stationary Application**



**Percent Capacity Vs. Temperature**



**Performance**





**PV3000 MPK Series**  
Inversor solar de Baja Frecuencia

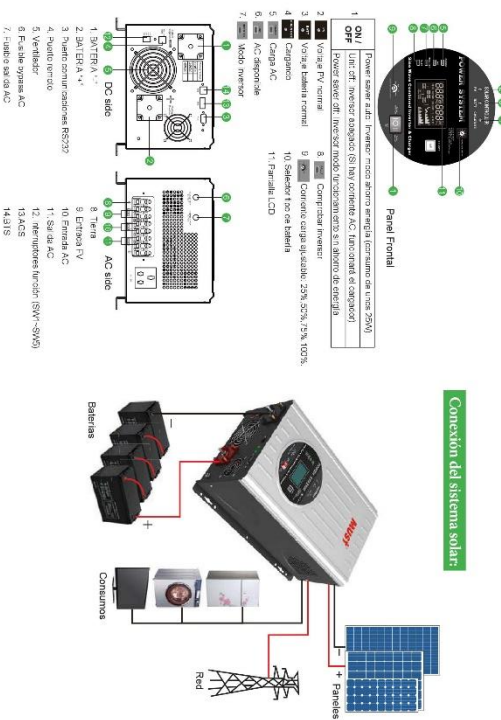
### Características:

- Potencia de salida entre 1kW y 6kW
- Ondas senoidal pura
- Cargador AC de alta potencia
- Regulador MPPT integrado de 40A / 60A según versiones
- Eficiencia máxima del MPPT de 98%
- Transformador interno de bobinado en cobre
- Pantalla de monitORIZACIÓN y configuración de ajustes
- Diseño de gran eficiencia con modo de ahorro de energía
- Comunicaciones mediante puerto RS232
- Compatibilidad con generador y arranque automático AGS
- Cargador integrado de entre 35 hasta 75A según versiones
- Alisamiento de voltaje

## Introducción:

Este es un inversor multibotón que combina las tareas de un inversor de baterías junto con un regulador de carga solar de tipo MPPT automatizado y un cargador de baterías integrado para ofrecer un producto todo en uno. Este modelo con bobinado de baja frecuencia crea una sonodidad pura a partir de un transformador de cobre, que le da una gran fidelidad y autenticidad. Podremos visualizar el funcionamiento de inversor a través de la pantalla LCD de su panel frontal.

**Información pantalla display:**



## Especificaciones

[illegible]

## Paneles conexión





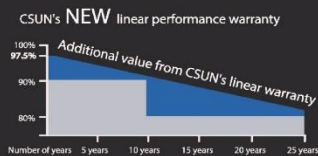
# Poly



## Powerguard Insurance Global Coverage

The power output shall not be less than 97.5% of the minimum power output stated in the product data sheet in the first year of the product's life cycle. The loss of power output shall not exceed 0.7% per year thereafter, ending with 80.7% in the 25th year.

■ CSUN ■ Standard warranty



All rights reserved by CSUN  
Version 2/2014-ENG



## CSUN320-72P

Premier choice for large scale project

Module Fire Performance: Type 1 (UL 1703)  
Fire Resistance Rating: Class C (IEC 61730)

CSUN320-72P    CSUN315-72P  
CSUN310-72P    CSUN305-72P  
CSUN300-72P

**16.52%**  
Module efficiency

**320 W**  
Highest power output

**10 years**  
Material & workmanship warranty

**25 years**  
Linear power output warranty

- Industry leading conversion efficiency
- Positive tolerance offer
- Passed salt mist & ammonia corrosion, blowing sand and hail testing
- Certificated to withstand wind (2400 Pa) and snow load (5400 Pa)
- Excellent performance under weak light condition
- Good temperature coefficient enables better output in hot climates

- China Sunergy Co., Ltd. designs, manufactures and delivers high efficiency solar cells and modules to the world from its production centers based in China, Turkey, South Korea and Vietnam.
- Founded in 2004, China Sunergy is well known for its advanced solar cell technology, reliable product quality, and excellent customer service.
- As one of leading PV enterprises, China Sunergy has delivered more than 4.0GW of solar products to residential, commercial, utility and off-grid projects all around the world.

\* Note: All specifications, warranties, certifications about module of „CSUN“ series also apply to that of „SST“.

All information and data are subject to change without notice and are provided without liability.



www.csun-solar.com

## Electrical Characteristics at Standard Test Conditions (STC)

Module Type	CSUN 320-72P	CSUN 315-72P	CSUN 310-72P	CSUN 305-72P	CSUN 300-72P
Maximum Power - P <sub>mp</sub> (W)	320	315	310	305	300
Positive Power Tolerance	0~3%	0~3%	0~3%	0~3%	0~3%
Open Circuit Voltage - Voc (V)	45.0	44.9	44.8	44.7	44.5
Short Circuit Current - Isc (A)	9.17	9.11	9.03	8.97	8.91
Maximum Power Voltage - V <sub>mp</sub> (V)	36.2	36.1	36.0	35.9	35.8
Maximum Power Current - I <sub>mp</sub> (A)	8.84	8.73	8.61	8.50	8.37
Module Efficiency	16.52%	16.27%	16.01%	15.75%	15.49%

Electrical data relates to standard test conditions (STC): Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>; AM 1.5; cell temperature 25°C measuring uncertainty of power is within ±3%. Certified in accordance with IEC61215, IEC61730-1/2 and UL 1703

## Electrical Characteristics at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)

Module Type	CSUN 320-72P	CSUN 315-72P	CSUN 310-72P	CSUN 305-72P	CSUN 300-72P
Maximum Power - P <sub>mp</sub> (W)	235	232	228	225	220
Maximum Power Voltage - V <sub>mp</sub> (V)	34.1	33.8	33.5	33.2	32.9
Maximum Power Current - I <sub>mp</sub> (A)	6.89	6.86	6.80	6.77	6.71
Open Circuit Voltage - Voc (V)	41.6	41.5	41.4	41.3	41.1
Short Circuit Current - Isc (A)	7.40	7.34	7.30	7.24	7.19

Electrical data relates to nominal operating cell temperature (NOCT): Irradiance 800W/m<sup>2</sup>; wind speed 1 m/s; cell temperature 45°C; ambient temperature 20°C measuring uncertainty of power is within ±3%.

## Temperature Characteristics

Voltage Temperature Coefficient	-0.292%/K
Current Temperature Coefficient	+0.045%/K
Power Temperature Coefficient	-0.408%/K

## Maximum Ratings

Maximum System Voltage (V)	1000
Series Fuse Rating (A)	20
Reverse Current Overload (A)	27

## Mechanical Characteristics

Dimensions	1956 x 990 x 50 mm
Weight	22.3 kg
Frame	Anodized aluminum profile
Front glass	Toughened low Iron glass, 3.2 mm
Cell Encapsulation	EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate)
Back Sheet	Composite film
Cells	6x12 polycrystalline solar cells (4BB or 5BB 156 X156mm)
Junction Box	Rated current ≥ 12A, IP ≥ 65, TUV & UL
Cable	Length 900 mm, 1 x 4 mm <sup>2</sup>
Connector	MC 4/ compatible with MC 4

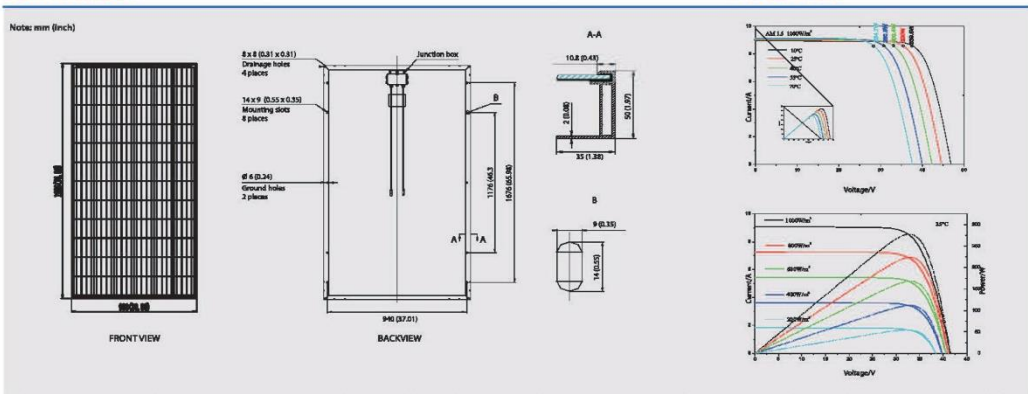
## Packaging

Container 20'	252 pcs.
Container 40'	504 pcs.
Container 40'HC	552 pcs.

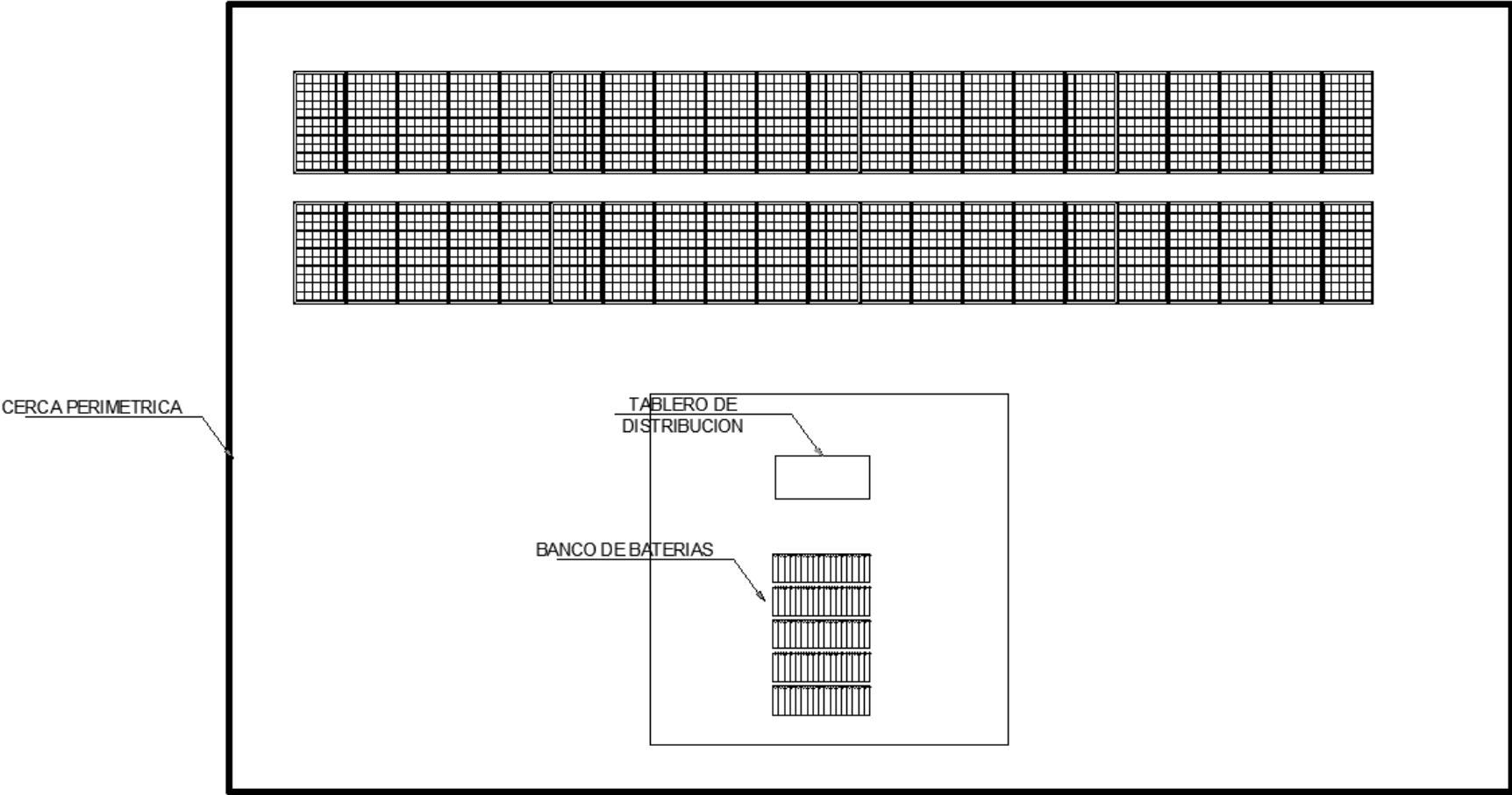
## System Design

Temp. Range	-40°C to +85°C
Hail	Max. diameter of 25mm with 23m/s impact speed
Max. Capacity	Snow 5400 Pa, wind 2400 Pa
Application Class	A
Safety Class	II

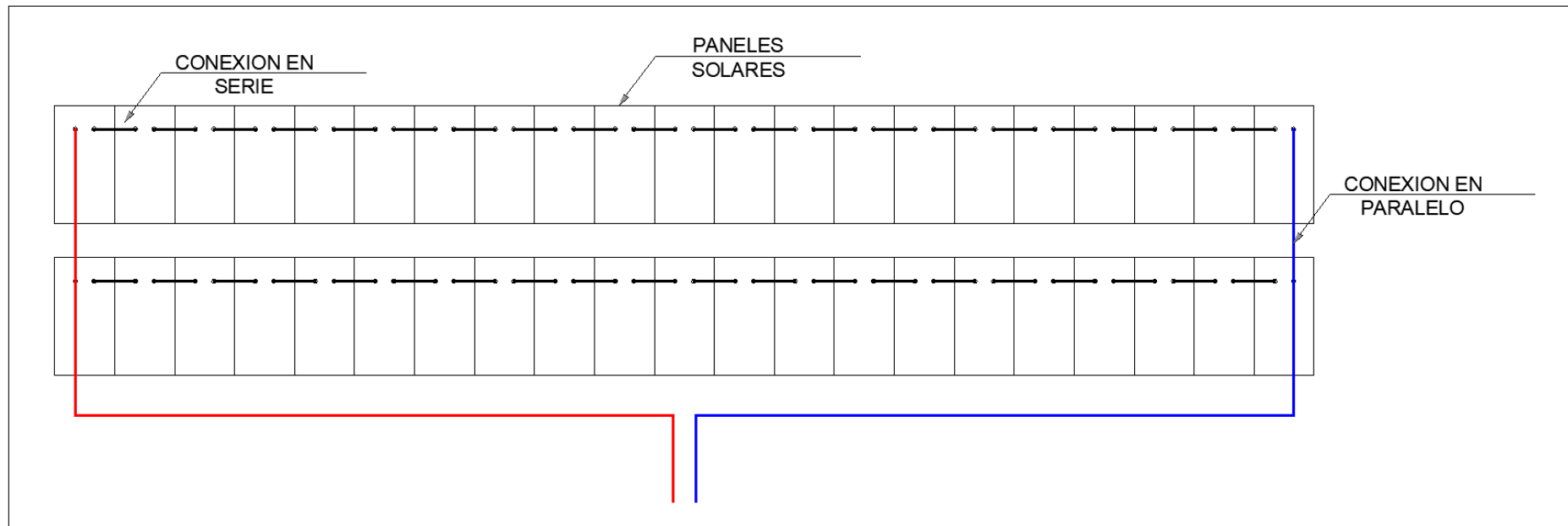
## Dimensions



ANEXO 02- DETALES DE LA CENTRAL



## Conexión de los paneles solares



Conexión de los las baterías

